RELAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA

INDICE

INTRODUZIONE

L’esecuzione del progetto di ricerca è iniziata il giorno 20 Novembre 2009 sotto la supervisione ed il coordinamento dell’ Ing.Gallo, coadiuvato dal Prof. Barone del Dipartimento di Chimica dell’Università di Napoli Federico II, dalla società ITM e da aziende altamente specializzate individuate come partner dalla stessa ITM, ovvero le società CERTITEC e SISTEMA SERVIZI CONSULTING. Tali risorse hanno ritenuto opportuno, il giorno 24 novembre, riunirsi presso la sede operativa dell’ITM per confermare obiettivi, finalità e competenze di ogni singolo soggetto impegnato nella ricerca. In tale riunione inoltre, sono state nuovamente analizzate le tempistiche di gestione e sviluppo del progetto, in relazione anche ad eventuali sfasamenti dovuti alla complessità delle tematiche ed alle risorse umane non ancora perfettamente formate, come i 3 borsisti messi a disposizione dal dipartimento di Chimica dell’ Università di Napoli FEDERICO II ed i tecnici e sistemisti ITM.

Il giorno 25 novembre il Dipartimento di Chimica dell’ Università di Napoli FEDERICO II, attraverso dichiarazione ufficiale, ha formalizzato la presa di servizio dei borsisti Dott.ssa Ida Duro, Dott. Luigi Varriale; entrambi risultati vincitori delle due borse di studio intitolate:

“*Elaborazione di modelli di emissione di inquinanti volatili e polveri sottili in ambito regionale, basati su dati e statistiche disponibili e su misure effettuate con l’ausilio di un laboratorio mobile o di attrezzature automatiche e campionatori trasportabili. Messa a punto di procedure per la validazione dei modelli di emissione e dispersione*”;

e del Dott. Daniele Mastrangelo risultato vincitore della borsa di studio intitolata:

“*Elaborazione dei modelli meteo realistici e dei modelli di dispersione e trasformazione chimica e fotochimica di inquinanti per la preparazione,l mediante elaborazione digitale, di banche dati e rappresentazioni cartografiche, per la previsioni di qualità dell’aria a seguito di nuovi insediamenti e variazioni nella normativa per il consumo carburanti*”.

Si è ritenuto opportuno che le nuove risorse impegnate, sebbene caratterizzate da alti livelli di formazione ed elevate competenze tecniche nei settori di riferimento, necessitassero di un breve periodo di approfondimento “on the job”, data la complessità e soprattutto la trasversalità delle conoscenze da disporre per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Ciò è stato realizzato mediante un seminario permanente, costituito da un *briefing* sulle origini, scopo e finalità del progetto ITM nell'ambito del POR misura 3.17; da discussioni sul programma operativo di lavoro dei primi mesi; sulla illustrazione della rete di contatti esistenti per la raccolta di dati sensibili. Il seminario è stato articolato in: presentazioni in aula, studio di testi e documenti, discussioni curate dal Prof. Barone coadiuvato anche da altri docenti del Dipartimento di Chimica (Prof.sse Del Vecchio e Giancola), ecc ecc…

Sono state definite inoltre, tutta una serie di pratiche burocratiche presso il Dipartimento di Chimica, quali la creazione di registri per le firme di presenza, la distribuzione dei relativi registri, la richiesta per le assicurazioni dei borsisti ecc ecc…

La formazione del personale ITM è stata sviluppata in maniera analoga a quella dei borsisti universitari, ovvero attraverso seminario permanente gestito però direttamente dal coordinatore del progetto, Ing. Gallo, che ha illustrato la ricerca nelle sue diverse fasi realizzative e nelle metodologie di project managment da utilizzare.

Alla luce di tali sviluppi tutti i soggetti coinvolti nel progetto di ricerca , ovvero personale ITM (cinque sistemisti, tre operatori), Ing. Gallo, Prof. Barone con i borsisti messi a disposizione dal Dipartimento di Chimica dell' Università Federico II, le società CERTITEC e SISTEMA SERVIZI CONSULTING, hanno lavorato per un nuovo programma di ricerca che risultasse attuale e compatibile con le condizioni, ormai variate, rispetto a quelle esistenti quando era stato presentato alcuni anni prima il programma iniziale.

In allegato è possibile consultare il dettaglio di tale programma, con la descrizione di obiettivi e finalità attesi per i Task 1.1 e 1.2 in cui è suddiviso il Workpackage 1.

Tale attività è stata svolta in un arco temporale che va dal 20 novembre al 31 dicembre del 2009.

In parallelo all'attività di elaborazione e stesura del nuovo programma di ricerca è stata condotta, a partire dal 20 Dicembre, la realizzazione del nuovo piano di lavoro allegato come "Diagramma di GANTT".

Alla produzione del piano di lavoro hanno partecipato oltre all'Ing. Gallo, anche il Prof. Barone, le società CERTITEC e SISTEMA SERVIZI CONSULTING ed il personale ITM.

L'obiettivo del progetto è la realizzazione e l'implementazione di un sistema operativo informatico, volto alla valutazione quantitativa e qualitativa degli inquinanti chimici e fotochimici presenti in atmosfera, come conseguente base per la stima dell'impatto che gli stessi potrebbero avere sulla salute umana e sull'ambiente naturale. La scala spaziale considerata coincide con la Regione Campania, in particolare si intende sviluppare ed applicare un modello computazionale di "terza generazione", in grado di simulare scenari realistici di inquinamento su tutta l'area regionale.

Tale modello sarà in grado di prevedere scenari di diffusione e trasformazione, tenuto conto delle emissioni e delle condizioni atmosferiche relative ai giorni prescelti, che realisticamente simuleranno uno scenario di *qualità dell'aria.*

Si sottolinea che la legislazione italiana , con il D.M. del 20 Maggio 1991 (G.U. 31-5-1991) "Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria" ha delegato alle Autorità regionali la formulazione dei piani di rilevamento, prevenzione conservazione e risanamento del proprio territorio.

Si cita testuale dal decreto:

… al fine di garantire la tutela della salute e dell'ambiente è necessario uno strumento operativo unitario di analisi e programmazione degli interventi, atto ad assicurare il controllo e la gestione integrata delle emissioni in atmosfera derivanti dalle diverse attività antropiche, quali combustione, processi produttivi, trasporti ecc.,……La predisposizione del piano comprende:

1. *…individuazione delle aree o dei settori produttivi e civili oggetto del piano tramite l'analisi delle caratteristiche generali del territorio (geomorfologia, meteorologia, climatologia, distribuzione della popolazione, usi del territorio, fonti di emissione, qualità dell'aria etc.)* ***e l'elaborazione delle informazioni disponibili ai fini di una valutazione dell' impatto delle emissioni*** *sulla popolazione e sull'ambiente.*
2. *…indicazione in ciascuna area e/o settore produttivo o civile degli interventi per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria;*
3. *…Nell'uso di modelli la scelta di questo dovrà essere giustificata sulla base dei dati disponibili e delle caratteristiche del modello e dell'area in esame, nonché delle validazioni possibili e della esperienza derivante dal loro impiego anche in campo internazionale. In particolare i modelli dovranno essere adeguati a descrivere non solo il trasporto ma anche la trasformazione degli inquinanti in atmosfera al fine di permettere di ottenere tra l'altro una valutazione dell'inquinamento secondario da processi chimici e fotochimici.*
4. *Uno strumento per il monitoraggio mirato e la previsione di scenari di qualità dell'aria deve necessariamente essere in grado di simulare efficacemente i fenomeni chimici e*

chimico-fisici di tutta una gamma di inquinanti atmosferici che hanno un riconosciuto e rilevante impatto sulle risorse ambientali nonché sulla qualità della vita.

Tra i fattori ed i contaminanti che maggiormente influenzano la qualità dell'aria e quindi della vita, i più significativi sono:

- la distribuzione spaziale e temporale delle emissioni di CO, degli NO_x, dell'ozono, degli idrocarburi alifatici e aromatici nonché dei loro prodotti di parziale ossidazione (alcoli, aldeidi …) indicati complessivamente come composti organici volatili (COV), e del particolato, sia esso di natura antropogenica che biogenica;
- la ricaduta di inquinanti chimici attraverso la deposizione al suolo (secca o umida);
- le variazioni spaziali e temporali dei campi di vento;
- la dinamica del *"boundary layer* [1]*"* includente la stabilità e l'altezza di mescolamento;
- le variazioni diurne della temperatura e della radiazione solare;
- le reazioni chimiche coinvolgenti i COV, gli NO_x e altre importanti specie chimiche.

Nel formulare i piani di risanamento, un modello di qualità dell'aria deve essere in grado di definire, con sufficiente approssimazione, l'impatto che diverse sorgenti emissive hanno sul territorio oggetto di indagine. In tal modo è possibile individuare gli interventi da porre in essere, affinché vi sia una riduzione dei livelli di inquinamento.

La normativa prevede esplicitamente il ricorso a :

- *nuove tecnologie di combustione e/o produzioni meno inquinanti di quelle impiegate;*
- *uso di combustibili o di materie prime meno inquinanti;*
- *ricorso a sistemi di abbattimento aggiuntivi sulle emissioni etc.*

In casi estremi sarà esaminato il ricorso alla ricollocazione di alcuni impianti (dal D.M. del 31 maggio 1991), cosa che è già avvenuta per la raffineria petrolifera di Napoli Est.

[1] in fisica dell' atmosfera per "*boundary layer*" si intende lo strato di atmosfera a più stretto contatto con la superficie terrestre e che è da questa influenzata attraverso gli scambi di energia, di quantità di moto e materia; il suo spessore viene considerato di 1,5 – 2 km dalla superficie.

Per conseguire tali fini, devono essere acquisiti una quantità significativamente ampia di dati relativi alle: condizioni meteorologiche, emissioni delle principali sorgenti inquinanti (traffico stradale ed extrastradale, industrie, combustione industriale e civile, natura, etc.); nonché i dati registrati dalla rete di monitoraggio per il giorno o i giorni in esame.

Il sistema informatico che gestirà il modello atmosferico sarà in grado di chiarire, a partire da tali dati di input, il legame che esiste fra la concentrazione di un determinato inquinante in atmosfera e l'emissione di una particolare sorgente.

Inoltre, se utilizzato con dati di emissione *"proiettati"* allo scopo di simulare scenari alternativi, fornirà utili indicazioni sull' efficacia delle differenti scelte politiche di risanamento del territorio. In questo modo si potrà rispondere, in termini quantitativi, a domande del tipo "cosa accadrebbe se…" ad esempio "cosa accadrebbe riducendo l'emissione di un determinato inquinante da una particolare sorgente?"

Il sistema informatico che verrà realizzato, pertanto, potrà essere efficacemente utilizzato per:

- l'accertamento delle responsabilità degli attuali livelli di inquinamento;
- la pianificazione delle strategie di riduzione o rilocazione delle sorgenti di emissione (blocco parziale o totale del traffico, uso di combustibili alternativi, pianificazione urbana, allocazione di nuove aree industriali, etc.);
- la previsione dell'inquinamento in aree in cui non sono installate stazioni di monitoraggio o in aree urbane particolarmente inquinate.

In tal modo il modello consentirà di integrare e sfruttare pienamente, sia in termini di monitoraggio complessivo su tutta l'area regionale, sia in termini di previsione a breve e medio termine, l'insieme dei dati rilevati dalla rete di monitoraggio della Regione Campania.

L'obiettivo del progetto quindi è quello di fornire il seguente output primario:

"**Sistema informatico per la valutazione dell' impatto ambientale preventivo sulla qualità dell'aria regionale, dovuto a nuovi insediamenti produttivi e di servizio".**

Da questo potranno derivare output secondari di più semplice gestione, utilizzabili dalle Autorità Locali così come da Imprese e Aziende interessate.

WP1 - RELAZIONE GENERALE

L'intero progetto sarà articolato nei seguenti work-packages (WP):

- WP1 Progettazione, direzione e coordinamento
- WP2 Sviluppo sistema di calcolo
- WP3 Implementazione dei modelli
- WP4 Validazione del modello di qualità dell'aria
- WP5 Elaborazione/Validazione scenari simulati
- WP6 Output rappresentazione

ed avrà durata complessiva di 21 mesi compresi tra il 20/11/2009 ed il 18/08/2011, come riportato nel Diagramma di Gantt definitivo.

Il WP1 è articolato nei seguenti Task:

1. Task 1.1 Programma di ricerca.
2. Task 1.2 Piano di avanzamento

L'obiettivo principale di questa parte del progetto consiste nella componentizzazione di alcuni modelli:

- ❖ modello di circolazione atmosferica Weather Research Forecast (WRF);
- ❖ modello di emissione (EmiModel);
- ❖ modello qualità dell'aria (CHIMERE);

ed inoltre di tutta una serie di attività di monitoraggio e di validazione.
Il Task 1.1 sarà sviluppato nell'arco temporale compreso tra il 20/11/2009 ed il 30/11/2009, mentre il piano di avanzamento (Task 1.2) sarà sviluppato per tutta la durata del progetto. I due task produrranno, come deliverables, un rapporto tecnico in cui si delineeranno le caratteristiche dei modelli, i risultati attesi, le linee di sviluppo del progetto e le articolazioni temporali fra i componenti del sistema.

Descrizione del Task 1.1

La riprogettazione esecutiva del progetto di ricerca è stata sviluppata all'interno del Task 1.1. Essa si concentra essenzialmente sulla definizione e sull'analisi delle diverse fasi in cui è suddiviso il programma di ricerca, al fine di ridefinire, lì dove dovesse rendersi necessario, la struttura dello stesso.

Tale attività viene sviluppata con l'ausilio di personale qualificato, quali il responsabile scientifico ed il coordinatore tecnico del progetto (Prof. Barone; Ing. Gallo), coadiuvati fin dall' inizio dagli specialisti messi a disposizione dalla società ITM.

Il personale ITM verrà infatti coinvolto da subito, affinché possa acquisire velocemente le competenze necessarie per perseguire gli obbiettivi prefissati.

Le 6 principali aree tematiche in cui essi saranno impegnati sono:

- Sistemi HW e SW di calcolo e rappresentazione grafica;
- Implementazione e validazione dei modelli preesistenti e dei loro sviluppi sui sistemi HW;
- Ricostruzione di passati episodi di inquinamento atmosferico acuto;
- Produzione, elaborazione ed analisi di scenari realistici;
- Definizione delle aree territoriali e funzionali di intervento;
- Progettazione delle campagne di rilevazione mobili e utilizzo dei dati delle centraline ARPAC.

Descrizione Task 1.2

Il task 1.2 si pone la produzione, come deliverable, della pianificazione delle attività cui fa seguito la stesura di un nuovo e maggiormente dettagliato piano di avanzamento lavori (GANTT definitivo).

In esso sono state individuate e definite le risorse umane da impegnare nel corso del programma di ricerca, le tempistiche inerenti forniture e servizi, ed un ultima istanza, la revisione dei tempi di realizzazione.

L'attività di coordinamento garantirà anche l'attività di rendicontazione tecnica ed amministrativa e si svilupperà per tutta la durata del progetto; essa sarà gestita attraverso il controllo di un programma di avanzamento lavori, concordato con la direzione tecnico–scientifica, corredato da relazioni e rapporti preventivi e consuntivi, che verranno periodicamente verificati attraverso le checklist di valutazione delle milestones, individuate dalla direzione nel programma di ricerca.

Il WP2 sarà articolato nei seguenti Task:

1. Task 2.1 Il sistema di calcolo

I criteri di progettazione seguiti per l'implementazione dei precedenti modelli avverrà su un'architettura parallela, compatibile con l'utilizzo di tutti i modelli descritti. Le caratteristiche hardware di tale sistema di calcolo saranno dettagliate nel rapporto tecnico elaborato nel task 2.1.
L'intera attività si svilupperà a partire dal 01/12/2009 e verrà protratta fino al giorno 31/01/2010, termine ultimo per completare l'installazione ed il collaudo del sistema di calcolo parallelo.

Il WP3 sarà articolato nei seguenti Task:

1. Task 3.1 Modello meterologico regionale
2. Task 3.2 Modello di emissione
3. Task 3.3 Modello di Qualità dell'Aria (Dispersione e Reazione).

I modelli saranno implementati sui sistemi hardware, progettati acquisiti ed installati attraverso lo sviluppo del Task 2.1.
L'intera attività si svilupperà a partire dal 01/01/2010 e verrà protratta fino al giorno 31/10/2010, termine entro il quale i derivables previsti, Modello meteorologico regionale, Modello di emissione, Modello di dispersione e reazione, dovranno essere funzionanti.

Il WP4 sarà articolato nei seguenti Task:

1. Task 4.1 Scenari storici
2. Task 4.2 Laboratorio mobile
3. Task 4.3 Banca dati
4. Task 4.4 Scenari realistici

Allo scopo di valutare l'affidabilità predittiva del sistema modellistico, le attività implementative e computazionali saranno accompagnate da tutta una serie di campagne di monitoraggio. Tali attività riguarderanno lo sviluppo di un database delle serie temporali di concentrazione, misurate mediante centraline ARPAC, ma anche con l'allestimento di un laboratorio mobile per la misura delle concentrazioni di inquinanti gassosi e particolato.
Tali dati serviranno a delineare i casi studio, in funzione della classificazione sinottica utilizzata.

Il WP5 sarà articolato nei seguenti Task:

1. Task 5.1 Scenari di inquinamento simulato
2. Task 5.2 Pianificazione campionamento e simulazione
3. Task 5.3 Banca dati aggiornata (rilev. da mobile)
4. Task 5.4 Analisi dei Dati
5. Task 5.5 Scenari di inquinamento da nuovi insediamenti

Alla luce degli scenari individuati nel Task 4.4, con il Task 5.1 si produrranno delle ulteriori scenari in differenti condizioni meteorologiche. Si verificherà successivamente la possibilità di realizzare concretamente nei Task da 5.2 a 5.5 degli scenari simulati corrispondenti a nuove situazioni tecnologiche particolarmente critiche ed a specifiche ipotesi di nuovi insediamenti produttivi o di servizio, come previsto dal progetto originario.

Il WP6 sarà articolato nei seguenti Task:

1. Task 6.1 Installazione modulo SW grafico
2. Task 6.2 Tabella / Dati / Grafici / Mappe
3. Task 6.3 Analisi dei Risultati

Il sistema permetterà la rappresentazione e la visualizzazione in maniera chiara e di facile lettura dei risultati prodotti dai modelli. I Task 6.2 e 6.3 consentiranno la produzione di grafici, andamenti, mappe e la successiva analisi tecnico-scientifica dei risultati ottenuti.

Si riporta, di seguito, la lista di Deliverables, previste nel progetto, per ogni Task descritto nella presente relazione.

ELENCO DELIVERABLES

Deliverable	Denominazione	WP/Task	Mese inizio	Data ultimazione
	Inizio			20.11.2009
D1	Programma di ricerca	WP 1/Task 1.1		30/11/2009
D2	Piano avanzamento lavori	WP 1/Task 1.2		31/07/2011
D3	Sistema di calcolo parallelo	WP 2/Task 2.1	1	31/01/2010
D4	Modello meteorologico regionale	WP 3/Task 3.1	2	30/06/2010
D5	Modello di emissione	WP 3/Task 3.2	4	31/10/2010
D6	Modello di dispersione e reazione	WP 3/Task 3.3	5	31/10/2010
D7	Scenari storici di inquinamento	WP 4/Task 4.1	8	31/12/2010
D8	Laboratorio mobile	WP 4/Task 4.2	1	30/04/2010
D9	Banca dati (da rilevazione mobile)	WP 4/Task 4.3	8	31/03/2011
D10	Scenari realistici di inquinamento	WP 4/Task 4.4	11	30/05/2011
D11	Scenari di inquinamento	WP 5/Task 5.1	18	30/06/2011
D12	Prog. delle attività di campionamento e	WP 5/Task 5.2	18	30/07/2011
D13	Banca dati aggiornata	WP 5/Task 5.3	18	31/07/2011
D14	Analisi dati	WP 5/Task 5.4	18	31/07/2011
D15	Scenari di inq.nto simulato da nuovi	WP 5/Task 5.5	18	31/07/2011
D16	Sistema grafico	WP 6/Task 6.1	10	30/11/2010
D17	Tabelle / Dati / Grafici / Mappe	WP 6/Task 6.2	10	18/08/2011
D18	Analisi dei Risultati	WP 6/Task 6.3	10	18/08/2011

IL DIAGRAMMA DI GANTT

Il diagramma di Gantt rappresenta l'organizzazione temporale delle attività descritte nel nuovo programma di ricerca. Pertanto, le attività di riferimento risultano suddivise in **WP** (*work-packages*), ciascuno articolato in Task.

Il Gantt è suddiviso in mesi numerati, dal mese n°1, corrispondente a Dicembre 2009 (che comprende l'arco temporale che va dall' 01/12/2009 al 31/12/2009) al mese n°21, corrispondente a Luglio 2011 (che comprende l'arco temporale che va dall' 01/08/2011 al 18/08/2011). Il diagramma parte dalla data di inizio progetto, corrispondente al 20/11/2009.

Il **WP1** , corrispondente all'attività di ***Progettazione, direzione e coordinamento***, si sviluppa per tutta la durata del progetto, prevedendo riunioni operative con frequenza almeno settimanale.

Il WP1 è articolato nei seguenti Task:

Task 1.1 - Programma di ricerca → sviluppato nell'arco temporale che va dall'inizio del progetto (20/11/2009) al 30/11/2009

Task 1.2 Piano di avanzamento → sviluppato per tutta la durata del progetto

Il **WP2** , corrispondente all'attività di ***Sviluppo del sistema di calcolo***, si articola nel solo *Task 2.1 "Il sistema di calcolo"* che si sviluppa nell'arco temporale che va dall' 1/12/2009 al 31/01/2010.

Il **WP3** , corrispondente all'attività di ***Implementazione dei modelli***, si sviluppa nell'arco temporale che va dal 01/01/2010 al 31/10/2010.

Il WP3 sarà articolato nei seguenti Task:

Task 3.1 Modello meteo regionale → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/01/2010 al 30/06/2010.

Task 3.2 Modello di emissione → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/03/2010 al 31/10/2010.

Task 3.3 Modello di dispersione e reazione → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/04/2010 al 31/10/2010.

Il **WP4** , corrispondente all'attività di ***Validazione del modello di qualità dell'aria***, si sviluppa nell'arco temporale che va dal 01/06/2010 al 30/04/2011.

Il WP4 sarà articolato nei seguenti Task:

Task 4.1 Scenari storici → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/07/2010 al 31/12/2010.

Task 4.2 Laboratorio mobile → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/12/2010 al 31/12/2010.

Task 4.3 Banca dati → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/07/2010 al 30/04/2011.

Task 4.4 Scenari realistici → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/10/2010 al 30/04/2011.

Il **WP5** , corrispondente all'attività di ***Elaborazione / Validazione scenari simulati***, si sviluppa nell'arco temporale che va dal 01/05/2011 al 31/06/2011.

Il WP5 sarà articolato nei seguenti Task:

Task 5.1 Scenari inquinamento → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/05/2011 al 30/06/2011

Task 5.2 Programma di Campionamento e simulazione → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/05/2011 al 30/06/2011

Task 5.3 Banca dati → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/05/2011 al 31/07/2011

Task 5.4 Risultato analisi → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/05/2011 al 31/07/2011

Task 5.5 Scenari di inquinamento simulati da nuovi insediamenti → sviluppato nell'arco temporale che va dal *simulato* 01/05/2011 al 31/07/2011

Il **WP6** , corrispondente all'attività di ***Output rappresentazione,*** si sviluppa nell'arco temporale che va dal 01/09/2010 al 18/08/2011.

Il WP6 sarà articolato nei seguenti Task:

Task 6.1 Installazione modello SW grafico → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/09/2010 al 30/11/2010

Task 6.2 Tabelle dati, grafici e mappe → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/09/2010 al 18/08/2011

Task 6.3 Analisi dei risultati → sviluppato nell'arco temporale che va dal 01/09/2010 al 18/08/2011

Infine, le Milestones, introdotte nel nuovo programma di ricerca sono state introdotte nel Diagramma di Gantt attraverso la numerazione introdotta nel campo "Nr"della tabella seguente:

Milestones

Nr.	Denominazione	WP/Task	Data ultimazione
M1	**Collaudo sistema calcolo parallelo**	**WP 2/Task 2.1**	**31/01/2010**
M2	**Elaborazione modello meteorologico regionale**	**WP 3/Task 3.1**	**30/06/2010**
M3	**Verifica equipaggiamento laboratorio mobile**	**WP 4/Task 4.2**	**31/10/2010**
M4	**Verifica sistema grafico**	**WP 6/Task 6.1**	**30/11/2010**
M5	**Verifica scenari storici**	**WP 4/Task 4.1**	**31/12/2010**
M6	**Verifica scenari realistici**	**WP 4/Task 4.4**	**30/04/2011**
M7	**Elaborazione Scenari di inq.nto simulato**	**WP 5/Task 5.1**	**31/07/2011**
M8	**Verifica grafici e mappe**	**WP 6/Task 6.2**	**18/08/2011**

TABELLA 6.2 ELENCO DELIVERABLES

Deliverables	Denominazione	WP/Task
D1	**Programma di ricerca**	**WP 1/Task 1.1**
D2	**Piano avanzamento lavori**	**WP 1/Task 1.2**
D3	**Sistema di calcolo parallelo**	**WP 2/Task 2.1**
D4	**Modello meteorologico regionale**	**WP 3/Task 3.1**
D5	**Modello di emissione**	**WP 3/Task 3.2**
D6	**Modello di dispersione e reazione**	**WP 3/Task 3.3**
D7	**Scenari storici di inquinamento**	**WP 4/Task 4.1**
D8	**Laboratorio mobile**	**WP 4/Task 4.2**
D9	**Banca dati**	**WP 4/Task 4.3**
D10	**Scenari reali di inquinamento**	**WP 4/Task 4.4**
D11	**Scenari reali di inquinamento in stagione metereologica primaverile ed estiva**	**WP 5/Task 5.1**
D12	**Programma delle attività di campionamento e simulazione**	**WP 5/Task 5.2**
D13	**Banca dati aggiornata**	**WP 5/Task 5.3**
D14	**Analisi dati e confronto con scenari simulati**	**WP 5/Task 5.4**
D15	**Scenari di inquinamento simulati e da nuovi insediamenti**	**WP 5/Task 5.5**
D16	**Sistema grafico**	**WP 6/Task 6.1**
D17	**Tabelle dati e grafici, mappe**	**WP 6/Task 6.2**
D18	**Analisi dei risultati**	**WP 6/Task 6.3**

TABELLA 6.15BIS MILESTONES

Nr.	Denominazione	WP/Task	Mese	Data ultimazione
M1	**Collaudo sistema calcolo parallelo**	**WP 2/Task 2.1**	**2**	**31.01.2010**
M2	**Collaudo sistema cartografico**	**WP 6/Task 6.1**	**6**	**31.05.2010**
M3	**Verifica equipaggiamento laboratorio mobile**	**WP 4/Task 4.2**	**10**	**30.09.2010**
M4	**Verifica scenari storici**	**WP 4/Task 4.1**	**8**	**31.07.2010**
M5	**Verifica scenari reali**	**WP 4/Task 4.4**	***10***	***30.09.2010***
M6	**Verifica rete di campionamento**	**WP 5/Task 5.2**	**11**	**31.10.2010**
M7	**Verifica scenari simulati con traccianti**	**WP 5/Task 5.5**	**14**	**31.01.2011**
M8	**Verifica grafici e mappe**	**WP 6/Task 6.3**	**15**	**20.02.2011**

Consuntivo

Allegato WP1-7

al 18.08.2011

Elemento		Anno 2009		Anno 2010																Anno 2011										
					M1						M2					M3		M4		M5					M6				M7		M8
Attività di Riferimento	Cod.		1	2		3	4	5	6	7		8	9	10	11		12		13		14	15	16	17		18	19	20		21	
	MESE	NOV	DIC	GEN		FEB	MAR	APR	MAG	GIU		LUG	AGO	SETT	OTT		NOV		DIC		GEN	FEB	MAR	APR		MAG	GIU	LUG		AGO	
	dal-al	20/11/09	31/12/09	31/01/10		28/02/10	31/03/10	30/04/10	31/05/10	30/06/10		31/07/10	31/08/10	30/09/10	31/10/10		30/11/10		31/12/10		31/01/11	28/02/11	31/03/11	30/04/11		31/05/11	30/06/11	########		18/08/11	
Progettaz. Direz. & Coord.	**WP1**																														
Programma ricerca	Task 1.1																														
Piano Avanzamento	Task 1.2																														
Sviluppo Sistema Calcolo	**WP2**																														
Il Sistema di Calcolo	Tasl 2.1																														
Implementazione Modelli	**WP3**																														
Modello Metereologico Regionale	Task 3.1																														
Modello Emissione	Task 3.2																														
Modello Dispersione e Reaz.	Task 3.3																														
Validaz. Mod. Qualità Aria (AQM)	**WP4**																														
Scenari Storici	Task 4.1																														
Laboratorio Mobile	Task 4.2																														
Banca Dati	Task 4.3																														
Scenari Realistici	Task 4.4																														
Elaboraz./Validaz. Scenari Simulati	**WP5**																														
Scenari di Inquinamento	Task 5.1																														
Pianificazione Campionamento e Simulazione	Task 5.2																														
Banca Dati aggiornata	Task 5.3																														
Analisi dati	Task 5.4																														
Scenari Inq.nto simulato da nuovi insediamenti	Task 5.5																														
Output Rappresentazione	**WP6**																														
Installazione modulo SW grafico	Task 6.1																														
Tabella / Dati / Grafici / Mappe	Task 6.2																														
Analisi dei Risultati	Task 6.3																														
Totale Risorse Umane per Mese	Prof.																														
	Borsisti																														

CHECKLIST DI VALUTAZIONE

WP: 2	Sviluppo Sistema Calcolo Parallelo
Task: 2.1	Configurazione, Installazione e Testing Sistema
Milestone: M1	Collaudo Sistema Calcolo Parallelo
Deliverable	
Codice:	D.3
Denominazione:	Sistema di calcolo parallelo configurato e testato

GOAL:

Id	QUESTION	Misura Attesa	Misura Riscontrata
1.	Superamento items di Collaudo	collaudo positivo ≥ 80% items	**100%**
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
..n			

Esito valutazione	
Data:31/01/2010	
Firme:	

CHECKLIST DI VALUTAZIONE

WP: 3	Sviluppo output di rappresentazione
Task: 3.1	Configurazione, Installazione e Testing Sistema
Milestone: M2	Elaborazione modello meteorologico regionale
Deliverable	
Codice:	D.4
Denominazione:	Modello meteorologico regionale

GOAL:			
Id	**QUESTION**	**Misura Attesa**	**Misura Riscontrata**
1.	Verifica modello meteorologico su scala regionale correttamente elaborato	Modelli elaborati ≥ 2	**3** elaborazioni WRF di prova (i risultati non essendo utili per le fasi successive del progetto non sono stati salvati)
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
..n			

Esito valutazione	
Data:30/06/2010	
Firme:	

CHECKLIST DI VALUTAZIONE

WP: 4	Validazione modello qualità dell'aria
Task: 4.2	Configurazione, Installazione e Testing Laboratorio mobile
Milestone: M3	Verifica equipaggiamento laboratorio mobile
Deliverable	
Codice:	D.8
Denominazione:	Laboratorio mobile

GOAL:			
Id	**QUESTION**	**Misura Attesa**	**Misura Riscontrata**
1.	Rispondenza equipaggiamento alle specifiche	Verifica positiva = 100%	100% ETLBUS 100% DUTSCAN * * (collaudo effettuato il 10/12/2009)
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
..n			

Esito valutazione	
Data:31/10/2010	
Firme:	

CHECKLIST DI VALUTAZIONE

WP: 4	Validazione Modello Qualità dell’aria
Task: 4.1	Elaborazione scenari storici di inquinamento
Milestone: M5	Verifica scenari storici
Deliverable	
Codice:	D.7
Denominazione:	Scenari storici di inquinamento

GOAL:			
Id	**QUESTION**	**Misura Attesa**	**Misura Riscontrata**
1.	Verifica n° Scenari storici significativi correttamente elaborati	Scenari storici significativi correttamente elaborati ≥ 2	Elaborati **3** scenari storici di prova con dati del 07/2003
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
..n			

Esito valutazione	
Data: 31/10/2010	
Firme:	

CHECKLIST DI VALUTAZIONE

WP: 4	Validazione modello qualità dell'aria
Task: 4.4	Aggiornamento ed Elaborazione scenari realistici
Milestone: M6	Verifica scenari inquinamento reale
Deliverable	
Codice:	D.10
Denominazione:	Scenari realistici di inquinamento

GOAL:			
Id	**QUESTION**	**Misura Attesa**	**Misura Riscontrata**
1.	Verifica scenari realistici di inquinamento significativi correttamente elaborati	Scenari realistici di inquinamento significativi correttamente elaborati ≥ 5	**9:** 6-9/10/2010 15-20/12/2010 25-30/12/2010 2-7/01/2011 26-31/01/2011 31/01 – 6/02/2011 01-08/03/2011 08-15/03/2011 16-23/03/2011
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
..n			

Esito valutazione	
Data: 31/03/2011	
Firme:	

CHECKLIST DI VALUTAZIONE

WP: 6	Sviluppo sistema informatico di rappresentazione
Task: 6.1	Installazione modulo SW grafico
Milestone: M4	Verifica sistema grafico
Deliverable	
Codice:	D.16
Denominazione:	Sistema grafico

GOAL:			
Id	**QUESTION**	**Misura Attesa**	**Misura Riscontrata**
1.	Verifica SW grafici	Grafici correttamente elaborati > 2	> **100**
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
..n			

Esito valutazione	
Data: 30/11/2010	
Firme:	

CHECKLIST DI VALUTAZIONE

WP: 5	Elaborazione e validazione scenari di inquinamento simulato
Task: 5.5	Elaborazione e validazione scenari simulati
Milestone: M7	Verifica scenari di inquinamento simulati
Deliverable	
Codice:	D.15
Denominazione:	Scenari di inquinamento simulati

GOAL:			
Id	**QUESTION**	**Misura Attesa**	**Misura Riscontrata**
1.	Verifica scenari simulati significativi correttamente elaborati	Scenari simulati significativi correttamente elaborati ≥ 5	**5**: 15-20/12/2010 25-30/12/2011 04-08/07/2011 30/06/2011 01/07/2011
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
..n			

Esito valutazione	
Data: 30/07/2011	
Firme:	

CHECKLIST DI VALUTAZIONE

WP: 6	Sviluppo Sistema informatico di rappresentazione
Task 6.2	Sviluppo grafici e mappe
Milestone: M8	Verifica tabelle dati, grafici e mappe
Deliverable	
Codice:	D.17
Denominazione:	Tabelle dati, grafici, mappe cartografiche

GOAL:			
Id	**QUESTION**	**Misura Attesa**	**Misura Riscontrata**
1.	N° grafici e n° mappe significative per singolo scenario analizzato (reali e simulati)	N° grafici e n°mappe significative per singolo scenario ≥30	**600** per un totale > 10000
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
..n			

Esito valutazione	
Data: 18/08/2011	
Firme:	

RELAZIONE GENERALE WP2

Il WP2 interessa l'arco temporale che va dal mese 1, Dicembre 2009, fino al mese 2, Gennaio 2010. In questa fase del progetto, si sono sviluppate una serie di attività necessarie ad una corretta installazione dell'infrastruttura hardware, nella sede operativa della società ITM.
A tal proposito è stata collaudata e testata una piattaforma costituita da un sistema distribuito di nodi, allo scopo di creare un Cluster di tipo Beowulf di High Performance Computing (HPC), dedicato al calcolo parallelo massivo. Si è optato per un'architettura di tipo Beowulf poiché attualmente considerata come sistema standard per lo sviluppo di soluzioni di clustering, inteso come insieme di computer ad alte prestazioni, in alternativa alle soluzioni HPC offerte dai Supercomputer. Questa è sembrata essere una scelta ottimale nel caso in esame, in quanto ideale per eseguire applicazioni di calcolo parallelo. Altro aspetto considerato, è stato il rapporto costo/prestazioni di una macchina di tipo Beowulf; sicuramente superiore rispetto a quello dei tradizionali Supercomputer. Questa architettura è, infine, facilmente scalabile ed in grado di semplificare il lavoro di realizzazione e configurazione di tutto l'ambiente Cluster.

Nell'analisi delle risorse richieste dal progetto, è stato inoltre considerato necessario realizzare un ambiente di testing, al fine di poter individuare sia la configurazione minima richiesta per eseguire la simulazione, che per reperire le informazioni necessarie alla valutazione ed analisi del prototipo da realizzare. Per tale sistema è stata utilizzata un architettura di tipo Beowulf di "classe 1", che prevede l'utilizzo di componenti hardware "off the shelf", cioè componenti di basso prezzo facilmente reperibili in commercio. Dal punto di vista dell'hardware, l'ambiente è composto da 36 nodi ciascuno equipaggiato con un processore Dual-core, 2 Gb di memoria Ram (1 Gb di Ram per core), ed unità di storage di tipo NAS con hard disk Sata II. Per il cablaggio, gli Switch di rete necessari alle connessioni Giga-ethernet, sono stati collegati tra loro utilizzando una topologia a stella non in cascata, con uno switch che funge da master stella al fine di evitare eccessivo traffico di rete.

Dopo la realizzazione del sistema, è stato effettuato il monitoraggio dello stesso, a livello fabric (livello Hardware) per un periodo di una settimana utilizzando tra l'altro strumentazioni di monitoring open source "Ganglia". Sono stati analizzati ancora tutti i componenti hardware del

sistema, come: UPS, tensione delle prese di alimentazione, sistemi di dissipazione e raffreddamento, temperature dei processori, stato della rete e stato di carico sia delle CPU che delle memorie e si è constatato come tutti i componenti funzionino correttamente.
Da questo sistema di testing è stato quindi possibile effettuare il benchmark delle prestazioni in modalità manuale, ovvero è stata fatta partire la simulazione e sono stati calcolati i tempi di esecuzione della stessa. Le performance ottenute, hanno permesso di individuare i requisiti minimi richiesti, anche se il tutto è fortemente legato al tipo ed al setup scelto in fase di simulazione. La fase di testing è stata sviluppata utilizzando configurazioni con 3 domini di elaborazione ed opzioni di setting di tipo standard. Tali domini sono stati accuratamente definiti ed hanno le seguenti risoluzioni:

- Il primo ha risoluzione 9x9 Km ed è centrato su tutta l'Italia. Tale dominio rappresenta quello relativo al calcolo delle condizioni al contorno della simulazione.

- Il secondo ha risoluzione 3x3 Km è centrato sulla regione Campania. Tale dominio utilizza le condizioni al contorno ottenute dall'elaborazione precedente, permettendo così di elaborare nuove condizioni al contorno, utilizzabili dal dominio a risoluzione maggiore.

- Il terzo, con risoluzione 1x1 Km, è centrato su Napoli e rappresenta il dominio di elaborazione della simulazione.

- Il secondo ed il terzo dominio inoltre, possono essere rielaborati per altre aree della Campania, di particolare interesse per lo sviluppo regionale.

Per una simulazione standard, eseguendo quindi tutti i moduli previsti, sono stati individuati i requisiti minimi per l'elaborazione del software. Tali requisiti prevedono l'utilizzo di almeno 8 core di calcolo più un nodo Master (head node) per la gestione del Cluster. Ogni core deve essere composto da:

- Un Processore x86_64/AMD64

- 1 Gb di memoria Ram

Su un infrastruttura di questo tipo, rispondente ai requisiti minimi richiesti, è stato ipotizzato un tempo di elaborazione della simulazione, scalandolo direttamente da quello ottenuto in ambiente di testing.

La durata della simulazione completa, con l'hardware minimo e con il setup descritto sopra, si dovrebbe attestare intorno alle 12 ore circa di elaborazione.
Dalle informazioni ottenute in ambiente di testing, si è valutata la realizzazione di un prototipo di architettura basato su hardware di ultima generazione come gli chassis Blade. Nonostante l'architettura Beowulf preveda l'utilizzo di componenti standard presenti in commercio al dettaglio, è stato deciso di utilizzare per questo prototipo la tecnologia Blade dal momento che essa permette di ottenere un giusto compromesso tra elevate prestazioni, alta scalabilità e minimizzazione nell'occupazione di spazi all'interno della sala server.

Altro aspetto rilevante è la notevole semplificazione circa il cablaggio di componenti ingombranti come cavi di collegamento, alimentazioni, connessioni fibre channel, ecc.

Di fatto all'interno di uno chassis Blade, è già presente tutto lo spazio per allocare i diversi componenti di rete, compresi i nodi di calcolo. È quindi possibile ottenere una distribuzione più compatta e organizzata di tutti i componenti relativi al sistema.
Lo chassis Blade utilizzato è il "Blade Center IBM", sul quale sono stati montati 4 alimentatori per ottenere la massima ridondanza del sistema. Per quanto riguarda il sistema di raffreddamento inoltre, dato il numero non eccessivamente elevato di nodi di calcolo, è stata scelta una soluzione classica con ventole di dissipazione del calore. Lo chassis, inoltre, è stato equipaggiato di 4 switch di rete Giga-Ethernet per la connessione ridondante tra i nodi di calcolo, e di 2 switch fibre channel per le connessioni ad alte prestazioni con il sistema di storage. Per quanto riguarda i nodi di calcolo, all'interno del Blade Center sono state e installate 4 lame Blade di tipo "Blade Server IBM", di dimensione 2U. Ciascuna lama Blade è stata equipaggiata con 2 processori Quad-core Intel Xeon 5570, 32 Gb di memoria Ram e 6 schede di rete per ottenere ridondanza nelle connessioni. In ogni lama Blade sono presenti quindi, l'equivalente di 8 core di calcolo e 4 Gb di memoria Ram per ogni core. Come soluzione di storage è stata scelta una open-storage con connessioni ad alte prestazioni iScsi, in quanto offre notevoli vantaggi in ambito cluster come: alte prestazioni a prezzi contenuti, facilità di configurazione, software di gestione open source come previsto dall'architettura Beowulf, minimizzazione nell'occupazione di spazi.

Il sistema scelto è il SUN7310 Openstorage iScsi equipaggiato con 11 Terabytes di memoria Raw. Realizzato il sistema di HPC, è stato effettuato il benchmark di livello fabric con l'ausilio del tool open source "Ganglia", già utilizzato in ambiente di testing. I test hanno dato esito positivo circa il funzionamento dei componenti.
Si è infine valutato il benchmark delle prestazioni che ha evidenziato performance paragonabili a quelle ottenute con l'ambiente di testing. L'analisi è stata effettuata a parità di setup del software. Da specifici tool si può evincere come tale architettura Beowulf, basata su tecnologia Blade, riesce a scalare in maniera pressoché proporzionale al numero di nodi di calcolo presenti nel sistema.
Per quanto riguarda la scelta del sistema operativo dell'infrastruttura di HPC realizzata, dopo aver valutato le possibili soluzioni, si è scelto di utilizzare un sistema open source basato su distribuzione GNU/Linux, in quanto fortemente raccomandata nel caso di cluster Beowulf.
Nel nostro caso, si è scelto di utilizzare la distribuzione Linux denominata Fedora versione 13, opportunamente configurata e ottimizzata per un cluster Beowulf.
Tale distribuzione è performante, estremamente flessibile, scalabile, ed al tempo stesso consente di ottenere incrementi prestazionali lineari con l'aumento delle unità adibite all'elaborazioni. In questo modo si riesce ad abbattere i costi di licenza e contemporaneamente ridurre quelli di gestione.
Infine, presupposto imprescindibile, essendo soluzione open source, è estremamente personalizzabile e quindi adattabile alle nostre esigenze.
Sul sistema realizzato per il progetto, quindi, come prima cosa è stato effettuato il download del sistema operativo Fedora versione 13, dal sito ufficiale www.fedora.org.
Per l'installazione di Fedora su tutti i nodi dell'infrastruttura, sia Master che Slave, sono state utilizzate le opzioni standard suggerite dall'interfaccia di installazione, mentre per la configurazione di base del sistema, sono state adottate soluzioni specifiche per l'ambiente di cluster da realizzare, ovvero: configurazione delle variabili di ambiente, configurazione dell'interfaccia di rete con appropriati indirizzi IP, Gateway e DNS specifici dei singoli nodi del Cluster ecc.

Al sistema operativo di base, sono stati inoltre aggiunti una serie di pacchetti software specifici per il Cluster, in modo da estendere le funzionalità di base del sistema al fine di consentire e favorire le operazione tipiche di un cluster. Tali componenti software, sono state opportunamente configurate in base alle differenti caratteristiche del nodo Master e dei nodi Slave. I pacchetti software per il nodo Master, a cui è demandato il controllo completo di tutto il cluster, vengono configurati al fine di permettere l'accesso dei nodi slave nel sistema cluster tramite login e, di conseguenza, permettere l'elaborazione dei task di esecuzione. Tale nodo inoltre, deve fornire ogni tipo di risorsa ai nodi slave, ed essere in grado di sviluppare attività di monitoring del sistema e di collegamento con

l’esterno. Sono stati quindi aggiunti una serie di pacchetti software, in modo da estendere il sistema con i servizi necessari al corretto funzionamento del nodo:

- NFS per la gestione di un File System condiviso
- NTP per la sincronizzazione degli orologi di sistema
- RPC per permettere la connessione remota tra il Master e gli Slave
- NIS Server per l’auto-configurazione l’ambiente di calcolo dei nodi slave e permettergli l’accesso ai servizi remoti

Su tutti i nodi quindi, è stato installato un sistema NTP (Network Time Protocol) tramite il tool "ntp", per poter così ottenere la sincronizzazione degli orologi di sistema tra tutti i nodi del Cluster tramite la rete.

Al fine di poter ottenere un controllo centralizzato delle autentificazioni degli utenti all’interno dell’ambiente di elaborazione HPC, sul nodo Master è stato installato un Server NIS (Network Information Service). Tale servizio però per il suo funzionamento, effettua delle chiamate RPC (Remote procedure call) e necessita quindi, per poter essere installato ed eseguito, di un sistema di gestione di tali chiamate. A tal proposito è stato quindi installato il tool “portmap” che gestisce appunto le connessioni RPC e permette, nello stesso tempo, di incrementare la sicurezza del sistema. Installato il sistema RPC, è stato quindi possibile installare un NIS Server tramite il tool "ypserv", configurare un dominio NIS ed impostare il ruolo di Server NIS per tale dominio.

Infine è stato installato il demone NIS tramite il tool "ypbind" che, una volta avviato, rimane in ascolto dei Client che devono essere registrati nel dominio, ovvero i nodi Slave.

Per permettere l'accesso remoto sui nodi dell'infrastruttura è stato configurato, su tutti i nodi, una shell “ssh” e configurato il sistema in maniera tale che, una volta che l'utente si è autenticato nel sistema tramite inserimento di “user” e “password”, può accedere a qualsiasi nodo del sistema tramite ssh senza reinserimento della password. Sono state configurate quindi le home degli utenti in maniera tale da essere condivise tra tutti i nodi, in questo modo l'utente accede automaticamente al proprio spazio di disco di cui possiede i permessi (/home/*nomeutente*).

Per quanto riguarda il sistema di comunicazione tra i nodi, è stato utilizzato il protocollo “MPI” (Message Passing Interface) sia tra i core dello stesso nodo, sia tra i core di nodi differenti. MPI sono, quindi, anche il set di librerie di programmazione scelte per gli scopi dell’applicazione del calcolo parallelo e distribuito. Tale scelta è stata fatta in quanto MPI è il protocollo standard de

facto per la comunicazione tra nodi all’interno di un cluster Beowulf, fornisce una buona stabilità operativa, garantisce performance elevate ed un supporto nativo dell'elaborazione distribuita.

Inoltre, le librerie MPI offrono notevoli vantaggi in termini di performance rispetto ad altre soluzioni quali ad esempio le PVM (Parallel Virtual Machines), essendo meglio ottimizzabili per l’architettura Beowulf.

Per quanto riguarda la compilazione di codice MPI, è stata acquisita la licenza software per il compilatore MPI ad alte prestazioni della “The Portland Group”, specifico per i sistemi Linux. Tale compilatore è il PGI CDK Accellerator, con acceleratore fino a 256 processori, provvisto di supporto per le schede grafiche GPGPU “CUDA” con licenza floating limitata ad un massimo di 2 utenti. (www.pgroup.com/products/pgicdk.htm).

Per poter monitorare il sistema anche da remoto, e poter controllare le prestazioni e l'utilizzo delle CPU dei nodi di calcolo e le altre risorse di sistema, è stato installato il monitor di sistema open source "Ganglia" tramite il tool "gmond".

Si è installato infine, il resource scheduler open source "Torque" che si occupa in maniera del tutto automatizzata della gestione e schedulazione delle risorse, della gestione dei fault dei nodi e della gestione delle code dei processi e scalabilità del sistema.

Il collaudo è stato effettuato eseguendo una serie di test di funzionamento della piattaforma software. Tutti i test hanno dato esito positivo a conferma del corretto funzionamento delle diverse componenti applicative.

COLLAUDO DELLA PIATTAFORMA OPERATIVA HARDWARE **SUPERATO**

- Verifica collegamenti e funzionalità dell'impianto elettrico all'interno della sala macchine. 
- Verifica dell'alimentazione ridondata e controllo voltaggio e tensione degli alimentatori all'interno dei nodi. 
- Verifica funzionamento dei gruppi di continuità (UPS). 
- Verifica funzionalità mother board dei nodi di calcolo e nodo master. 
- Verifica attività e temperature di picco delle diverse CPU dei singoli nodi. 
- Verifica funzionalità e banda dei bus di comunicazione (FSB, BSB, ecc) all'interno dei chipset dei nodi. 
- Verifica funzionalità delle schede di rete. 
- Verifica dei cavi di rete Ethernet e iScsi per la connettività dei nodi e dello storage con il resto del sistema. 
- Verifica integrità dei banchi di memoria RAM del sistema. 
- Verifica integrità delle unità di storage secondaria Raw. 
- Verifica connettività della storage area network (SAN) tra storage system e rete del sistema. 
- Verifica larghezza di banda delle connessioni ad alte prestazioni iScsi. 
- Verifica del sistema di dissipazione del calore del sistema e corretto funzionamento delle ventole di raffreddamento. 

COLLAUDO DELLA PIATTAFORMA OPERATIVA SOFTWARE **SUPERATO**

- Verifica installazione e configurazione del sistema operativo Fedora per il nodo master e per i nodi di calcolo.



- Verifica configurazione (indirizzi IP, subnet, Gateway, ecc) della rete di comunicazione tra i nodi del sistema.



- Verifica configurazione del sistema di autentificazione degli utenti sui nodi (NIS).



- Verifica installazione e funzionalità dell'accesso remoto ai nodi del sistema attraverso la shell ssh.



- Verifica configurazione della Storage area network (SAN) e connettività dello storage con il resto del sistema.



- Verifica installazione e configurazione dei pacchetti software per il nodo master e per i nodi di calcolo.



- Verifica corretta attivazione e esecuzione dei servizi allo start-up dei nodi del sistema.



- Verifica del monitoraggio effettuato dal software di monitoring “Ganglia”.



- Benchmark delle prestazioni per analizzare il carico di lavoro delle CPU dei singoli nodi del sistema.



- Verifica del corretto bilanciamento del carico di lavoro delle CPU effettuato dal software di gestione delle risorse “Torque”.



RELAZIONE GENERALE WP 3

Il WP3 interessa l'implementazione e configurazione dei modelli previsti dal progetto relativi all'elaborazione e simulazione di scenari di impatto ambientale nella regione Campania: Il modello Meteo Regionale configurato ad hoc per la regione Campania, il Modello di emissione ed infine il Modello di dispersione e reazione degli inquinanti. Tale lavoro è stato suddiviso in 3 fasi distinte:

- WP 3.1 - Installazione e configurazione del Modello Meteo Regionale per la Campania
- WP 3.2 - Installazione del Modello di emissione dell'EMEP
- WP 3.3 - Installazione e configurazione del Modello di dispersione e reazione inquinanti

Per tutte le fasi del WP3, è stato fatto riferimento ai pacchetti software e documentazioni allegate, forniti nell'ambito del progetto: Tutti i software inseriti nel "Modulo 1" e "Modulo 2", sono stati sviluppati e configurati ad hoc, anche sulla base delle specifiche indicate dall'Università degli Studi di Napoli "Federico II".

Ipotesi progettuali e considerazioni scientifiche alla base dello sviluppo delle applicazioni

Il modello di circolazione atmosferica

Le caratteristiche del sistema WRF sono di seguito elencate.

- **area presa in considerazione:** Regione Campania;
- **dati forniti dal modello:** campi di vento, turbolenza atmosferica e parametri meteorologici per il calcolo della deposizione secca;
- **risoluzione spaziale alla quale sono forniti i dati di concentrazione;**
- **risoluzione temporale alla quale sono forniti i dati di concentrazione;**
- **principali caratteristiche software e hardware:** implementazione su macchine ad architettura parallela.

Nel seguito sono forniti maggiori dettagli circa le motivazioni alla base di tali scelte.

Per quanto riguarda il software di circolazione atmosferica si prevede di utilizzare un prodotto commerciale (WRF), adatto per le previsioni atmosferiche sulla regione Campania a breve termine.

L'utilizzo di questo software consiste essenzialmente nella creazione dei dati meteorologici di input necessari al software CHIMERE; questi dati possono riassumersi in:

1. campo tridimensionale della velocità del vento;
2. campo tridimensionale del tensore della diffusione turbolenta;
3. campo bidimensionale della velocità di frizione;
4. campo bidimensionale dell'altezza di mescolamento;
5. campo bidimensionale dell'altezza di Monin-Obukhov;
6. campo bidimensionale dell'altezza di rugosità;
7. campo bidimensionale della radiazione solare totale.

Risulta evidente che i dati ottenuti dal software WRF devono essere compatibili con le specifiche del software CHIMERE; per tale motivo la risoluzione spaziale e temporale, così come l'area presa in considerazione e il periodo di simulazione, devono essere identici a quelli utilizzati dal software CHIMERE.

L'attendibilità dei dati ottenuti dal software WRF sarà verificata dalla comparazione con i dati sperimentali disponibili (per esempio attraverso la rete di rilevamento dell'Aeronautica Militare Italiana).

Verranno simulati differenti scenari di circolazione, corrispondenti ai cosiddetti 'periodi tipici', o ad eventi particolari. La scelta di un particolare scenario di circolazione, insieme alla scelta di uno scenario di emissione permetterà di simulare i processi di trasporto e trasformazione degli inquinanti atmosferici in diverse condizioni operative, offrendo l'opportunità di verificare gli effetti delle politiche di risanamento della qualità dell'aria in differenti condizioni meteo-climatiche e/o emissive.

Il modello di emissione

Le caratteristiche del modello di emissione sono di seguito elencate.

- **area presa in considerazione:** Regione Campania;
- **periodo di riferimento:** 2005;
- **dati forniti dal modello:** emissione del CO, degli NOx, degli SOx, dei COV e del particolato;
- **risoluzione spaziale alla quale sono forniti i dati di concentrazione:** dipendente dal tipo di sorgente; è possibile ricavare le emissioni su una griglia con maglie rettangolari, come richiesto dal software CHIMERE;
- **risoluzione temporale alla quale sono forniti i dati di emissione:** annuale; opzionalmente è possibile ricavare le emissioni mensili, settimanali, giornaliere e orarie. Le emissioni orarie costituiscono l'input per il software CHIMERE;
- **sorgenti emissive prese in considerazione:** trasporti stradali ed extrastradali; processi industriali; combustione industriale; combustione civile; emissioni biogeniche;
- **principali caratteristiche software e hardware:** implementazione attraverso programmi in F90; nel progetto è previsto sviluppo di un'interfaccia grafica per la creazione di differenti scenari di emissione.

Allo scopo di simulare efficacemente i fenomeni di inquinamento atmosferico della regione Campania, è necessario conoscere, nel modo più dettagliato possibile, le immissioni in atmosfera dei diversi inquinanti primari.

Il software è costituito da un inventario basato sui dati EMEP, e da uno studio del CTN/ACE (Centro Tematico Nazionale/Atmosfera-Clima-Emissioni) da cui è possibile estrarre i valori di emissione dei principali inquinanti atmosferici, nel caso in esame del CO, degli NOx, SOx, dei COV e del particolato, alla risoluzione spaziale e temporale necessaria per il modello di qualità dell'aria.

L'inventario delle emissioni per la regione Campania riguarda, principalmente, i seguenti settori:

1. trasporti stradali ed extrastradali;
2. processi industriali;
3. combustione industriale;
4. combustione civile;
5. emissioni biogeniche.

Queste sorgenti costituiscono la maggior parte delle emissioni della regione Campania.

La metodologia seguita è quella indicata nel progetto CorinAir. Si è scelto di sviluppare un inventario delle emissioni per l'anno 2007. Sono stati inoltre estrapolati i dati di emissione 1990 – 2007 riportati dal Consorzio ISPRA fino al 2009 e 2010 ottenendo delle stime mensili delle emissioni per la Regione

Campania. Sarà quindi possibile 'proiettare' i dati di emissione, allo scopo di simulare scenari ipotetici, corrispondenti alle diverse scelte di risanamento del territorio.

Il software calcolerà le emissioni annuali per il CO, gli NOx, gli SOx, i COV e il particolato su un grigliato di risoluzione pari a circa 5 x 5 chilometri.

Sono già stati realizzati opportuni moduli per azioni specifiche sui dati di emissione annuali. Tali operazioni consistono essenzialmente nella:

- distribuzione spaziale,
- distribuzione temporale.

In altri termini, i dati disponibili sono rielaborati per ottenere le emissioni alla scala spaziale e temporale necessaria per il modello di qualità dell'aria (emissione oraria per ciascuna cella della maglia del dominio). La distribuzione spaziale e temporale sono effettuate definendo le cosiddette 'quote', o percentuali per ciascuna categoria temporale presa in considerazione. Queste possono essere identificate in:

- quota annuale;
- quota settimanale;
- quota giornaliera;
- quota oraria.

Dalla conoscenza delle quote è possibile associare a ciascuna fascia temporale la corrispondente emissione.

Inoltre il software è in grado di effettuare la speciazione dei COV nei diversi componenti. Sulla base delle specifiche del modello chimico si distingueranno fra metano e idrocarburi non metanici. Fra gli idrocarburi non metanici saranno considerate specie emesse:

1. etilene;
2. alcheni superiori;
3. alcani;
4. toluene;
5. aromatici superiori;
6. formaldeide;
7. aldeidi e chetoni superiori;

L'inventario delle emissioni potrà avere un valore in sé, al fine di individuare le categorie emissive più inquinanti, anche se il software è specificamente progettato per l'elaborazione dei dati di emissione necessari per il software CHIMERE.

Scenari di emissione 'alternativi' potranno essere elaborati sulla base degli interventi di riduzione delle emissioni. Utilizzando dati meteo-climatici rappresentativi di periodi tipici (giorno tipo, estivo o invernale, infrasettimanale o festivo, ecc.) sarà possibile accertare con il modello CHIMERE l'efficacia delle iniziative di riduzione delle emissioni sulla qualità dell'aria, non solo per le specie direttamente immesse in atmosfera, ma anche per quelle formatisi in seguito alle rete di reazioni chimiche e fotochimiche. Sarà possibile agire su ciascuna categoria emissiva, attraverso un'interfaccia grafica, in modo da poter definire una varietà molto ampia di interventi di riduzione delle emissioni.

Modello di Diffusione, Trasporto e Trasformazione degli inquinanti

Le specifiche richieste al software CHIMERE sono le seguenti:

- **area presa in considerazione:** Regione Campania.
- **dati forniti dal modello:** concentrazione oraria al suolo di CO, NOx, SOx, O_3, dei COV, PM10, PM2.5 ed, opzionalmente, degli altri inquinanti presi in considerazione nello schema cinetico.
- **risoluzione spaziale alla quale sono forniti i dati di concentrazione:** 9 x 9 chilometri nelle direzioni orizzontali per l'Italia, e simulazioni di 3 x 3 per la regione Campania; risoluzione verticale variabile, in funzione della dinamica del boundary layer.
- **risoluzione temporale alla quale sono forniti i dati di concentrazione:** 1 ora.
- **durata tipica di una simulazione:** 3 giorni.
- **fenomeni presi in considerazione:** trasporto trans-frontaliero, avvezione, diffusione turbolenta, emissione, deposizione secca ed umida, reattività chimica e fotochimica.
- **principali caratteristiche software e hardware:** uso di strumenti di compilazione avanzati; implementazione su macchine ad architettura parallela a memoria distribuita; uso di griglie computazionali.

Le scale spaziali e temporali

Allo scopo di implementare il software è importante comprendere le scale spaziali e temporali rispetto alle quali i fenomeni chimici e fisici di interesse avvengono.

Le specie chimiche di principale interesse per l'inquinamento delle aree urbane sono gli NO_x, il CO, i COV, ed una serie di composti secondari come O_3 (ozono) e particelle sospese (PM10 e PM2.5). A tali composti è associata una vita media che varia da pochi minuti a diversi giorni. Pertanto, assumendo che velocità di trasporto vari di 5 m/s, la scala spaziale da considerare può variare in un range compreso tra alcune centinaia di metri ad alcune centinaia di chilometri. I fenomeni meteorologici che determinano le condizioni atmosferiche favorevoli (o sfavorevoli) al trasporto ed alla dispersione degli inquinanti, sono legati essenzialmente alle condizioni cicloniche o anticicloniche, e variano su scale temporali dell'ordine di alcuni giorni. Inoltre la radiazione solare, gli scambi di quantità di moto, energia e materia fra la superficie e l'atmosfera, inducono la formazione di un 'boundary layer' nella direzione verticale, la cui estensione è di alcuni chilometri e la cui scala temporale è compresa fra 5 minuti ed alcune ore. La dinamica del boundary layer segue un tipico andamento ciclico giornaliero in quanto, la forzante principale per questo fenomeno, è la radiazione solare. Infine i fenomeni di emissione degli inquinanti spesso seguono, tipicamente, un andamento giornaliero, legato alle attività antropiche e al ciclo solare.

Da queste considerazioni si deduce che le scale spaziali e temporali appropriate corrispondono ad una risoluzione di circa 5 chilometri e di circa 1 minuto. Una maggiore risoluzione spaziale, vale a dire una risoluzione di circa 1 chilometro, sebbene sicuramente auspicabile per una più precisa osservazione dei fenomeni di dispersione, ma in realtà, impraticabile soprattutto a causa della difficoltà di reperire dati di input dettagliati, in particolare in fase di emissione. Pertanto, fra i maggiori limiti del software, vi è la difficoltà di descrivere i fenomeni che avvengono su scale spaziali e temporali inferiori a circa 5 chilometri.

L'estensione trasversale del dominio deve essere sufficientemente ampia, tale da seguire l'evoluzione della dinamica della dispersione degli inquinanti atmosferici; nel caso in esame si ritiene sufficiente un'estensione che comprende l'area della regione Campania e alcune aree delle regioni limitrofe. L'estensione verticale dello stesso, deve comprendere in particolare il boundary layer, all'interno del quale si sviluppano fenomeni di dispersione degli inquinanti atmosferici. Un'estensione di circa 2 chilometri viene ritenuta appropriata, con una risoluzione di almeno 20 metri in prossimità della superficie del suolo, per seguire in modo accurato i gradienti di concentrazione degli inquinanti che si formano in seguito alle emissioni.

La durata della simulazione deve essere sufficientemente lunga da comprendere sia il ciclo giornaliero sia eventuali fenomeni di ricircolo intergiornalieri. Una durata della simulazione di tre giorni viene ritenuta sufficientemente appropriata.

Considerando inoltre che le misurazioni fornite dal sistema di rilevamento della Regione Campania fornisce i dati di concentrazione delle diverse specie inquinanti ad una risoluzione temporale non inferiore ad 1 ora, si ritiene opportuno presentare i risultati del software sotto forma di medie orarie.

Lo schema cinetico

Per quanto riguarda il numero e le reazioni delle specie chimiche da tenere in considerazione, si è individuato, come più indicato per la previsione dell'inquinamento nella regione Campania, il modello fotochimico Melchior implementato in CHIMERE, utilizzato con successo anche per simulazioni di qualità dell'aria in altre località italiane ed estere con caratteristiche geo-meteorologiche simili all'area campana. Il modello include 69 specie chimiche e oltre 100 reazioni, in cui sono coinvolte le principali specie inorganiche, tra cui gli NO_x, l'O_3, il CO, e numerose specie organiche rappresentative. È considerata inoltre l'emissione dei composti biogenici (modello megan) e il corrispettivo chimismo, oltre alla chimica del particolato (condensazione, nucleazione, assorbimento, coagulazione), sia della componente inorganica (ISORROPIA) sia di quella organica. Il software è rappresentativo della chimica di tutti i composti di interesse atmosferico, al più alto grado di conoscenza scientifica oggi nota.

Deposizione al suolo

Sarà utilizzato inoltre un modello di deposizione affinché si tenga conto degli effetti delle perdite di inquinanti, per interazione con la superficie del suolo, rispetto alle condizioni meteorologiche ed al tipo di suolo. In tale modello si terrà conto dell'effetto dovuto alla cosiddetta 'deposizione secca', ovvero all'adsorbimento superficiale degli inquinanti per "affinità", e della "deposizione umida", ovvero della deposizione al suolo per effetto dell'azione di dilavamento delle piogge.

Trasporto e diffusione turbolenta

Il trasporto da parte delle masse d'aria verrà modellizzato attraverso la conoscenza dei campi di vento, ricavati dal software WRF. I fenomeni di diffusione turbolenta nella direzione verticale verranno modellizzati attraverso l'uso di coefficienti di diffusione turbolenta, ricavati dal medesimo software WRF.

I dati saranno forniti dal software WRF. I dati riguardanti l'orografia della regione Campania e l'uso del suolo verranno acquisiti dall'archivio Corine Land Use e dal USGS (United States Geological Survey).
Le emissioni in atmosfera dei principali inquinanti primari verranno fornite direttamente dal software CHIMERE, grazie all'implementazione del database EMEP su scala europea e dei dati elaborati da ISPRA per il territorio italiano.

Le condizioni iniziali verranno ricavate dai valori climatologici, oppure dallo stato finale di una precedente simulazione, inoltre, si prevede di utilizzare uno start-up di 24 ore, ovvero la simulazione verrà fatta partire 24 ore prima del periodo in esame, allo scopo di minimizzare l'impatto di eventuali transienti nel campo di concentrazione, dovuti ad una non corretta scelta delle condizioni iniziali.
Le condizioni al contorno saranno ricavate dai dati climatologici rappresentativi per la regione Campania e da simulazioni del modello GOCART per l'aerosol.
L'output sarà costituito dalla concentrazione oraria delle differenti specie incluse nel modello chimico, nelle varie celle della maglia utilizzata per la discretizzazione del dominio spaziale.

WP 3.1 - Installazione e configurazione del Modello Meteo Regionale per la Regione Campania

Nella prima fase si è provveduto all'installazione e configurazione del modello meteo regionale configurato per la regione Campania.

È stato quindi analizzato il pacchetto software "Modulo 1" e la documentazione allegata, consultando il manuale operativo sono stati individuati i vari step previsti per un installazione completa del software. Attraverso il manuale descrittivo, invece, è stato possibile analizzare tutti i moduli software di pre-elaborazione e post-elaborazione che compongono il Modello Meteo Regionale, da installare seguendo un preciso ordine e con una precisa procedura.

Sono stati quindi installati tutti i moduli previsti, a partire da quelli di pre-elaborazione: *Geogrid*, *Ungrib* e *Metgrib* e, successivamente, quelli di elaborazione *Real* e *WRF*. Analizzando la documentazione ed il manuale descrittivo, sono stati analizzati tutti i singoli moduli previsti nel pacchetto software che sono basati sul Modello WRF (Weather Research and Forecasting) per poter eseguire una simulazione meteo.

Tutti i moduli sono stati installati e configurati sulla macchina seguendo la documentazione allegata al software. Per quanto riguarda il metodo di installazione, gran parte del contenuto software utilizzava una procedura standard che prevedeva la disaggregazione dei moduli, la compilazione dal codice sorgente e la successiva installazione degli stessi. Riguardo alla configurazione, sono state effettuate solo piccole modifiche inquanto, considerando quanto riportato nel manuale descrittivo allegato al software, una completa pre-configurazione era già presente all'interno del pacchetto software, in base alle specifiche della "Federico II". Questa pre-configurazione, di fatto, permetteva già di effettuare una simulazione con una configurazione specifica per la regione Campania. È stato quindi possibile utilizzare la configurazione attuale, andando a modificare solo quei parametri previsti dal sistema di calcolo oppure da nostre precise esigenze. Per quanto riguarda il

funzionamento del Modello Meteo Regionale nella sua completezza, era necessario eseguire i singoli moduli manualmente per verificarne anche la corretta installazione. E' stata quindi effettuata una simulazione completa di prova (quindi l'esecuzione in catena di tutti i moduli) al fine di individuare i requisiti software previsti per permettere il funzionamento e l'esecuzione. Dopo aver installato i requisiti di software richiesti e configurato correttamente nel sistema le relative variabili di ambiente e allocato i file richiesti, è stata lanciata la simulazione completa e sono stati verificati i file di log per individuare ed analizzare gli eventuali errori. Dopo aver ottenuto una simulazione senza errori, sono stati analizzati tutti gli output dei singoli moduli eseguiti per verificare la coerenza e il corretto concatenamento (la struttura del Modello prevede che l'output di un modulo diventi input per quello successivo).

Dopo aver installato e verificato tutte le componenti principali del Modello, tramite la documentazione e i manuali allegati, sono stati analizzati gli script relativi al pacchetto software per l'esecuzione automatizzata dei singoli moduli al fine di capire come vanno inseriti nel sistema, il funzionamento in generale e in quale modo essi permettono di ottenere l'automatizzazione della configurazione e dell'esecuzione del singolo modulo di elaborazione associato. Come previsto dalla documentazione, sono stati analizzati e riconfigurati tutti i path e i valori delle variabili d'ambiente e le variabili parametriche che vengono configurate all'interno stesso degli script (per permettere l'automatizzazione della configurazione) per adattare gli stessi al nuovo sistema di calcolo. Lo stesso tipo di lavoro è stato fatto per tutti gli script realizzati ad hoc per l'esecuzione dei moduli e anche per lo script *Forecast* che permette l'esecuzione automatizzata di tutto il modello.

Come protocollo per il calcolo parallelo MPI, all'interno degli script, è stato individuato l'utilizzo del protocollo MPICH-2. Come suggerito dalla documentazione, si è quindi proceduto all'installazione, all'interno del cluster, del compilatore e dell'ambiente di runtime relativo al protocollo utilizzato.

Dopo aver configurato e verificato il funzionamento dei software installati, è stato analizzato lo script di automazione *Forecast* per apportare le opportune modifiche per renderlo compatibile con il Cluster. Per quanto riguarda il recupero dei dati di input per il Modello Meteo relativi ai giorni scelti per la simulazione, il *Forecast* presente nel pacchetto software, utilizzava un metodo che non si adattava bene all'ambiente di calcolo in quanto prevedeva il recupero dei dati da una fonte interna allo stesso ambiente. È stato, quindi, realizzato un nuovo script che gestisce il recupero dei dati di input relativi alla data immessa per lo scenario da simulare. Tale script va a sostituire il metodo di recupero originario del *Forecast*, che adesso va a richiamare lo script come fase preliminare all'esecuzione dei moduli di elaborazione.

Gran parte del lavoro di post-configurazione del modello adattato per le nostre necessità di elaborazione, ha riguardato naturalmente i parametri presenti nelle varie namelist di configurazione relative ai singoli moduli che compongono il modello. Facendo riferimento ai manuali del software, è stata configurata la namelist ***namelist.wps*** relativa ai moduli di pre-processing e relativi alla fase di pre-elaborazione. Nella sezione generale della namelist, sono state configurate quelle che sono le impostazioni macroscopiche che vengono condivise da tutti i moduli di elaborazione: Sono stati settati il numero dei domini tridimensionali di integrazione del modello, che nel nostro caso è 3, le date di inizio e fine simulazione, il formato di output del modello che è stato configurato per generare file di tipo NetCDF.

Nella sezione della namelist relativa alla configurazione del modulo *Geogrid,* sono stati controllati i 3 domini previsti che erano già stati impostati nella pre-configurazione ricevuta con il software, quindi i punti di ancoraggio dei domini (i confini geografici), la risoluzione, il passo e il numero di punti in entrambe le direzioni (longitudine e latitudine). Infine i parametri per il nesting tra gli stessi domini, e la tipologia di interpolazione dei dati statici del suolo terrestre sui domini.

Nonostante la pre-configurazione associata al software permetteva già di ottenere una completa elaborazione dei dati settati ad hoc per la regione di interesse, sono state comunque apportate modifiche ulteriori per quanto riguarda le impostazioni dei singoli moduli di elaborazione:

Per quanto riguarda il secondo modulo *Ungrib* che si occupa di estrarre i dati meteorologici in formato GRIB generati da un modello (GCM), nella namelist sono stati impostati il prefisso del nome e la tipologia di file di output nella quale il modulo va a inserire i dati metereologici estratti. La tipologia utilizzata è WPS.

Nella namelist relativa all'ultimo modulo di pre-elaborazione, il *Metgrid* che interpola i dati precedentemente ottenuti sui domini settati nel modello, è stata anche in questo caso configurato il modulo per generare output di tipo NetCDF.

Per quanto riguarda i moduli di elaborazione, viene utilizzata una namelist condivisa da entrambi i moduli *Real* e *WRF* che è la ***namelist.input*** che è stata opportunamente configurata:

Nella prima section configurata, "time_control", sono stati impostati gli estremi temporali dell'esecuzione, quindi le date e ora di inizio e fine simulazione sia per quando riguarda il dominio principale (quello a più bassa risoluzione), sia per quanto riguarda i domini innestati (a più alta risoluzione). Infine, è stato attivato il meccanismo di automatizzazione che genera le condizioni a contorno del nesting a partire dagli output del dominio precedente e infine il numero di parti in cui suddividere i file di output.

Nella section “domains”, è stato settato il passo temporale di integrazione ed è stato attivato il nesting su 2 domini (mettendo come valore 3, il sistema fa nesting sui 2 domini successivi a quello principale). Inoltre è stato settato il rapporto tra il passo spaziale e temporale dei domini, in maniera tale da garantire stabilità computazionale.

Nella sezione “physics”, è stata settata la fisica del modello e, in particolare, gli schemi di parametrizzazione dei processi di sottogriglia che non possono essere risolti dal modello a causa della scala troppo piccola e vengono quindi risolte mediane equazioni parametrizzate secondo i settaggi impostati.

Nella section “dynamics”, sono state settate le opzioni riguardano i parametri necessari per definire gli schemi numerici con cui si approssimano (discretizzano) e risolvono le equazioni differenziali che descrivono la dinamica atmosferica.

Nella section “body_control”, sono state configurate le opzioni che controllano il passaggio dei dati relativi alle condizioni a contorno di ciascun dominio generate dagli output dei moduli di pre-elaborazione, sia per quanto riguarda il dominio principale, sia per i domini di nesting.

Finita la fase di configurazione del modello, sono stati analizzati alcuni aspetti e verificato la coerenza e la corretta configurazione in base alle necessità del progetto. Infine è stata lanciata una simulazione di test, tramite lo script di automazione *Forecast*. Durante l’esecuzione, è stato verificato se lo script crei correttamente il “machinefile”, che deve indicare, al programma che fa girare in parallelo il modello, quali e quanti processori usare. Inoltre è stata verificata da parte dello script, la corretta creazione, a partire dagli input dati, di altre variabili necessarie all'esecuzione completa del modello meteo e la precisa concatenazione degli stessi nelle namelist specifiche, in particolare la namelist.input che è necessaria al funzionamento dell'eseguibile “wrf.exe”, relativo alla vera e propria simulazione. Si è infine verificato che i numerosi parametri che riguardano le opzioni fisiche e numeriche del modello settate nelle namelist siano coerenti con gli output ottenuti.

Durante l’esecuzione della simulazione, sono stati monitorati lo “standard output” e “standard error” della stessa, rappresentati da una coppia di file wrf.out* e rsl.error* per ogni processore impiegato nel calcolo.

Per verificate la corretta generazione degli output, è stato verificato, che all’interno dei file rsl, sia presente la scritta: “*wrf: SUCCESS COMPLETE WRF*”, per ciascun job di elaborazione.

I 3 file così generati dal modello (uno per ciascun dominio), nominati “wrfout_d<num dominio>_<data>_<ora>”, sono stati soggetti ad analisi al fine di verificarne la coerenza con gli scenari trattati. Per questa fase di analisi hanno collaborato esperti nel settore che hanno giudicato coerenti i risultati ottenuti.

WP 3.2 - Installazione del Modello di emissione dell'EMEP

Il modello di dispersione e reazione degli inquinanti, richiede due tipi di input ben definiti. Il primo è dato dall'output del Modello Meteo Regionale, il secondo input richiesto è un Modello di emissione EMEP. In particolare, seguendo la documentazione del software, nel caso specifico del Modello di dispersione e reazione previsto dal pacchetto "Modulo 2", è necessario che i dati dell'inventario di emissione rispettino le specifiche e il format previsto dal NetCDF. Come previsto dai requisiti software nella documentazione del Modello di dispersione, come prima operazione, quindi, si è installato il software NetCDF. Inizialmente la versione scelta è stata l'ultima rilasciata ossia NetCDF 4.1.1, tuttavia in seguito a problemi di configurazione con altri software e di stabilità si è preferito poi installare la versione NetCDF 3.6.3 per ottenere un sistema collaudato e robusto. Il software è stato scaricato dal sito ufficiale (http://www.unidata.ucar.edu/), successivamente è stato disaggregato, compilato e quindi installato. Durante la fase di compilazione ed installazione, si è posta molta attenzione al superamento di tutte le varie fasi di debugging, operazione ritenuta fondamentale per assicurare che il software non presentasse future situazioni imprevedibili e difficili da individuare in fase di elaborazione e in maniera tale da semplificare eventuali altre fasi di debugging relative ad un sistema più complesso quale è la catena modellistica utilizzata nel progetto, nel quale NetCDF ricopre un ruolo importante. Analizzando attentamente il contenuto della documentazione, è stata posta particolare attenzione per quanto riguarda la perfetta integrazione e configurazione del software con il Modello di dispersione che sarà installato successivamente. Dopo l'installazione del NetCDF, sono state configurate le variabili di ambiente richieste dal software ed è stato verificato il corretto funzionamento. Infine è stato eseguito lo script "ncdump" ed analizzati i file di log generati, per essere certi dell'assenza di problemi.

Una volta installato il software di normalizzazione NetCDF, la fase successiva ha riguardato il recupero dei dati di inventario EMEP richiesti dal Modello e previsti dalla documentazione di progetto. Per quanto riguarda la ricerca di una fonte sicura ed affidabile per poter reperire i dati di emissione relativi ai tipi di inquinanti previsti dalla simulazione e alla data scelta, il problema viene risolto stesso dal sito ufficiale dell'EMEP, *www.emep.int*, che già al suo interno integra un database online che consente il libero download dei dati una volta registrati e loggati sul sito. Per quanto riguarda il recupero dati, vanno prima configurati i parametri per il corretto filtraggio dei dati da scaricare, è stato quindi selezionato come tipologia di dati "Emission data" e come filtri sono stati inclusi: il paese di interesse, gli estremi temporali (date di inizio e fine), come formato dei dati è stato scelto il "GRID 50x50 semicolon". Successivamente sono stati filtrati gli inquinanti e le polveri da utilizzare. Dopo aver ottenuto i dati di emissione di interesse, sono stati rinominati come

richiesto dal Modello di dispersione previsto dal progetto e, all'interno dello stesso, sono stati copiati nel path relativo agli input di emissione.

Il problema successivo era quello di convertire i dati di emissione EMEP scaricati, in un formato EMEP compatibile con il Modello, in quanto quest'ultimo, per poter leggere i dati di emissione, richiede che essi rispettino una specifica struttura e uno specifico template. Per poter permettere questo, è stato utilizzato un tool specifico presente nello stesso pacchetto software relativo all'installazione del modello di dispersione: *emis-surf.sh* che si occupa proprio di convertire dati di input in un formato compatibile con il Modello. La configurazione di questo tool, ha richiesto di impostare una serie di parametri, la configurazione dei domini di interesse e la scelta della risoluzione per ciascun dominio.

Completata la fase di conversione dei dati nel formato previsto dal Modello di dispersione, i nuovi dati ottenuti sono stati copiati nella locazione prevista, per renderli disponibili all'utilizzo.

WP 3.3 - Installazione e configurazione del Modello di dispersione e reazione degli inquinanti

Il Modello Meteo Regionale e il sistema di recupero dei dati di emissione EMEP, sono stati entrambi inseriti nel sistema al fine di ottenere tutti gli input necessari a quello che è la vera simulazione di scenari di impatto ambientale eseguita da un Modello di dispersione e reazione degli inquinanti. Tale modello, di fatto, partendo dai dati di input, deve simulare il trasporto e la diffusione degli inquinanti in atmosfera.

Leggendo la documentazione ed i manuali software relativi al Modello di dispersione, sono state analizzate le caratteristiche del modello che è stato sviluppato sulla base del Modello *Chimere*. Tale software ci è stato fornito con una pre-configurazione ad Hoc ed era quindi già riadattato per le nostre esigenze di elaborazione e per la Regione Campania. Non sono quindi state effettuate particolari modifiche alla configurazione già esistente. La versione presente nel pacchetto è la "Chimere 2008c" ovvero l'ultima versione rilasciata. Non si sono riscontrati problemi durante l'esecuzione del software, per questo motivo si è preferito non andare a toccare la pre-configurazione già prevista dal software fornito, per evitare di avere problemi di compatibilità o complicazioni successive. Come previsto dalla documentazione, per l'utilizzo del modello è stato necessario installare, come requisito di funzionamento, il compilatore "g95" e, successivamente, un compilatore per il *message passing interface*. Il g95 è un compilatore Fortran 90/95/2003 open source, che è stato scaricato dal sito ufficiale http://www.g95.org/ e installato seguendo la procedura standard. È necessario installarlo per poter compilare i numerosi script fortran presenti all'interno del software che compone il modello e previsti dall'elaborazione. Il secondo compilatore installato, il "Lam-MPI", è il compilatore open source per il *message passing interface* ovvero il calcolo parallelo multiprocessore, necessario data la natura dell'ambiente di clustering che è alla base del sistema. Lam-MPI è stato scelto tra le tante alternative perché è il più utilizzato e ampiamente testato in ambito Chimere. Anche in questo caso, il software è stato scaricato dal sito ufficiale e installato seguendo la procedura standard. Per quanto riguarda la configurazione, sono state aggiunte e modificate alcune variabili di ambiente per includere nel sistema i compilatori e renderli disponibili all'uso nel momento in cui verrà lanciato il comando specifico.

L'installazione standard del modello di dispersione è una procedura manuale che parte dal download del pacchetto software in forma compressa, e prevede una serie di procedure da seguire passo per passo, che permettono: lo scompattamento, la compilazione e l'installazione tramite l'eseguibile di setup. Terminata l'installazione, però, la fase di configurazione era lasciata al totale

controllo dell'utente che deve quindi, configurare manualmente ogni singolo aspetto per rendere il software compatibile con il sistema ospitante.

Per semplificare le operazioni, leggendo la documentazione allegata al pacchetto software "Modulo 1", è stato previsto un metodo alternativo per l'installazione del Modello già presente all'interno del pacchetto software, che è molto più automatizzato nella fase di configurazione avendo già al suo interno previsto una pre-configurazione: All'interno del pacchetto è presente uno script *sh*, chiamato "install.sh", che permette l'installazione automatica e in maniera "auto-configurante". Una volta eseguito lo script, quest'ultimo automaticamente effettua il download dei dati di installazione e li scompatta. Inoltre prende "visione" dell'ambiente ospitante e, dopo aver installato il software, configura alcuni parametri di base del software, secondo le specifiche del sistema. Una volta terminata l'installazione, è stata effettuata la configurazione di diversi aspetti per permettere il corretto funzionamento del software. In particolare, all'interno del file "Makefile.hdr", è stato necessario configurare i parametri dei compilatori sopra citati per permettere al software di utilizzarli quando necessario. Nello stesso file, inoltre, sono stati configurati diversi parametri relativi alle librerie NetCDF precedentemente installate. Di seguito, si è verificato che i path del software rispettino una determinata gerarchia che è specifica del modello e dei compilatori che deve utilizzare. A questo scopo, sono stati eseguiti una serie di modifiche ai parametri utilizzati di default dall'installazione standard. Infine, è stata settata la variabile d'ambiente "LD_LIBRARY_PATH" per includere i nuovi path dei compilatori e del software.

Prima di eseguire la vera e propria simulazione con dati concreti di interesse, si è proceduto con una fase di testing, per assicurarci che il software sia stata correttamente installato e configurato. È stato, quindi, lanciata una simulazione nella "modalità test" prevista dal software stesso. In questa modalità, si procede con l'esecuzione di un test standard, in cui viene eseguito lo script "chimere.sh" che permette di avviare la simulazione, a cui viene passato come argomento la data scelta per il test nel formato *aaaammgg*. In questo test, questa prima esecuzione dello script serve solo per permettere all'ambiente di testing di raccogliere dati e predisporre il sistema alla vera e propria simulazione. A questo punto, è stato rieseguito nuovamente lo script per dare inizio al testing della simulazione e all'eventuale analisi dell'output.

Per questo test, abbiamo scelto di effettuare una simulazione che utilizza il parallelismo ma a basso carico computazionale, con sole 24 ore di simulazione su un solo dominio di input. Tale simulazione serve solo per verificare il corretto funzionamento del software. Valutazioni di

benchmark computazionale, sono state effettuate ed analizzate in una fase successiva a questo collaudo.

Questa fase di test è stata effettuata diverse volte a causa di alcuni errori di configurazione del software e delle variabili di ambiente. Per comprendere i problemi che si verificavano, sono stati analizzati approfonditamente i file di log generati durante l'esecuzione dello script "chimere.sh".

Quando si è ottenuta una simulazione senza errori, sono stati analizzati gli output generati in formato NetCDF e sono stati analizzati con la collaborazione di esperti nel settore. Si è posta particolare attenzione sia alla simulazione dell’inquinamento causato dalle polveri (PM_{10}) sia degli inquinanti (CO, O3, NoX, ecc). Le simulazioni sono state considerate plausibili con lo scenario considerato.

WP 3 - Allegati

Documentazione Sintetica Modulo Software 1

Dati Meteorologici: utilizzo e adattamento del modello WRF- ARW

Generalità

Nell'ambito del progetto di ricerca, il software descritto in questo documento permette di effettuare delle accurate simulazioni per analisi atmosferiche e previsioni meteorologiche. È applicabile su porzioni di territorio estese da pochi metri fino a migliaia di chilometri, a diverse risoluzioni spazio-temporali. Tale software si basa sul modello open source Weather Research and Forecasting Model (WRF), modello scelto per la sua elevata flessibilità che lo rende idoneo per molteplici utilizzi. Per tale motivo il software in esame non è solo un tool per le previsioni meteorologiche, ma può anche essere utilizzato per casi di studio meteo, in quanto può fornire previsioni sia in tempo reale, sia per riprendere e ricostruire dati storici, per la modellazione climatica su scala regionale, inoltre può essere utilizzato come base per studi sulla qualità dell'aria, calcolo delle emissioni degli inquinanti dell'aria e la previsione del trasporto e della trasformazione chimico-fisica di questi inquinanti, ecc... Per quanto riguarda il calcolo delle emissioni degli inquinanti dell'aria, questo può essere fatto a partire dagli inventari ufficiali delle emissioni resi pubblici da enti specializzati come ISPRA, EMEP, ecc… (vedere modulo B per ulteriori analisi).

Il software è rivolto a coloro che si occupano di previsioni meteorologiche, analisi e studio di scenari sulla qualità dell'aria e sull'impatto globale degli agenti inquinanti sul territorio (vedere modulo B per ulteriori dettagli) ed è stato sviluppato per un utilizzo nell'ambito della catena modellistica WRF-CHIMERE, in quanto, producendo dati di output in formato NetCDF4 (descritto nel modulo B del progetto), può integrarsi perfettamente con il modello di qualità dell'aria CHIMERE utilizzato nell'ambito del progetto. Tale modello, infatti, necessita dati di input in formato NetCDF.

Nell'ambito della catena modellistica, l'utilizzo di questo software consiste essenzialmente nella creazione dei dati meteorologici di input necessari al software CHIMERE; questi dati possono riassumersi in:

8. Campo tridimensionale della velocità del vento;
9. Campo tridimensionale del tensore della diffusione turbolenta;
10. Campo bidimensionale della velocità di frizione;
11. Campo bidimensionale dell'altezza di mescolamento;
12. Campo bidimensionale dell'altezza di Monin-Obukhov;
13. Campo bidimensionale dell'altezza di rugosità;
14. Campo bidimensionale della radiazione solare totale.

Risulta evidente che i dati ottenuti dal software WRF devono essere compatibili con le specifiche del software CHIMERE; per tale motivo la risoluzione spaziale e temporale, così come l'area presa in considerazione e il periodo di simulazione, devono essere identici a quelli utilizzati dal software CHIMERE.

L'attendibilità dei dati ottenuti dal software WRF sarà verificata dalla comparazione con i dati sperimentali disponibili (per esempio attraverso la rete di rilevamento dell'Aeronautica Militare Italiana).

Verranno simulati differenti scenari di circolazione, corrispondenti ai cosiddetti "periodi tipici", oppure ad eventi particolari. La scelta di un particolare scenario di circolazione, insieme alla scelta di uno scenario di emissione permetterà di simulare i processi di trasporto e trasformazione degli inquinanti atmosferici in diverse condizioni operative, offrendo l'opportunità di verificare gli effetti delle politiche di risanamento della qualità dell'aria in differenti condizioni meteo-climatiche e/o emissive.

Il software è suddiviso in una serie di script bash e implementazioni in linguaggio fortran90 realizzati ad hoc per integrarsi con il modello WRF allo scopo di permetterne una più immediata configurazione dei parametri e rendere più agevole e veloce l'utilizzo e l'esecuzione dello stesso.

1. Introduzione

I modelli numerici a mesoscala sono lo strumento più completo per l'indagine della dinamica atmosferica di interesse meteorologico. I modelli approssimano e risolvono mediante metodi numerici un set di equazioni differenziali non lineari che descrivono l'evoluzione di alcune variabili atmosferiche (es. pressione, temperatura, velocità del vento nelle tre direzioni, umidità), e i processi all'interfaccia con la superficie terrestre, su un griglia tridimensionale discreta che rappresenta la parte di atmosfera sovrastante l'area di interesse.

Riproducendo con accuratezza i processi termodinamici e dinamici dell'atmosfera, i modelli costituiscono lo strumento di partenza per molteplici attività, tra cui la previsione e lo studio di scenari di qualità dell'aria. In questo caso, gli output di un modello meteorologico vengono utilizzati come dati in ingresso per dei modelli di previsione di qualità dell'aria.

Nell'ambito del progetto, il modello meteorologico utilizzato nella catena modellistica di simulazione e previsione della dispersione degli inquinanti, è il Weather Research and Forecasting Model (WRF), il modello numerico per la simulazione dell'atmosfera e per le previsione meteorologica a medio termine, più diffuso e maggiormente supportato dalla comunità scientifica mondiale. Viene inoltre utilizzato anche per la previsione e lo studio di scenari di qualità dell'aria. In questo caso, gli output di un modello meteorologico vengono utilizzati come dati in ingresso per dei modelli di previsione di qualità dell'aria. Sviluppato da diversi centri di ricerca americani, si basa sul modello predecessore del National Center for Atmospheric Research (NCAR), il Fifth Generation Mesoscale Model (MM5).

Per quanto riguarda il lavoro di personalizzazione e di ingegnerizzazione del modello, nell'ambito del progetto sono stati realizzati una serie di script bash con la quale è possibile eseguire le simulazioni del modello meteorologico semplificando le operazioni all'utente. Utilizzando tali script, quindi, si nasconde all'operatore tutta la complessità derivante dall'utilizzo diretto dei moduli di pre-processing e processing del modello WRF. Tutto il lavoro di semplificazione, è completato dal *Forecast*: un macro-script che ingloba, al suo interno, tutto il lavoro di ingegnerizzazione ottenuto con gli script di automazione. Attraverso l'utilizzo del *Forecast*, è possibile lanciare una simulazione del modello WRF con un singolo comando e ridurre al minimo i dati di input necessari alla simulazione.

In questo documento si propone una descrizione introduttiva dell' Advanced Research WRF (WRF-ARW), versione 3.1, e delle sue principali caratteristiche di implementazione. Una descrizione più dettagliata del modello è presente nelle guide ufficiali scaricabili al seguente indirizzo: http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/pub-doc.html. Si procede poi con la descrizione degli script realizzati ad hoc nell'ambito del progetto che permettono di facilitare l'utilizzo e l'esecuzione del WRF e di personalizzare al meglio l'ambiente. Nella parte finale del documento viene descritta la struttura dello script *Forecast* e il modo in cui risulta complementare al lavoro di ingegnerizzazione.

2. Modello WRF

2.1 Architettura

Il WRF è un sistema di modellizzazione composto da diversi moduli le cui funzioni vanno dal pre-processing di diversi tipi di dati alla simulazione dei processi atmosferici, fino all'elaborazione degli output e post-processing grafico (Fig. 1). Si distinguono due principali moduli, quello del pre-processing (WPS) e quello che costituisce il nucleo del sistema modellistico (WRF-ARW), ciascuno suddiviso in ulteriori moduli. Ogni modulo può essere inteso come un software che, ricevuti determinati input dal modulo che occupa la posizione precedente nel flusso di informazioni, genera i propri output che costituiranno l'input per l'eventuale modulo successivo.

Le opzioni e i parametri di ciascun modulo vengono settati mediante il cambiamento di opportuni valori in sezioni (che iniziano con “&” e finiscono con “/”) delle namelist predisposte. Le namelist sono dei file che contengono la lista di tutti i parametri necessari a personalizzare l’elaborazione. Il loro utilizzo, quindi, permette di variare la configurazione del modello senza la necessità di dover ricompilare il codice ad ogni run. Ogni namelist deve essere fornita come argomento da riga di comando nel momento in cui si lancia il file eseguibile di ciascun modulo.

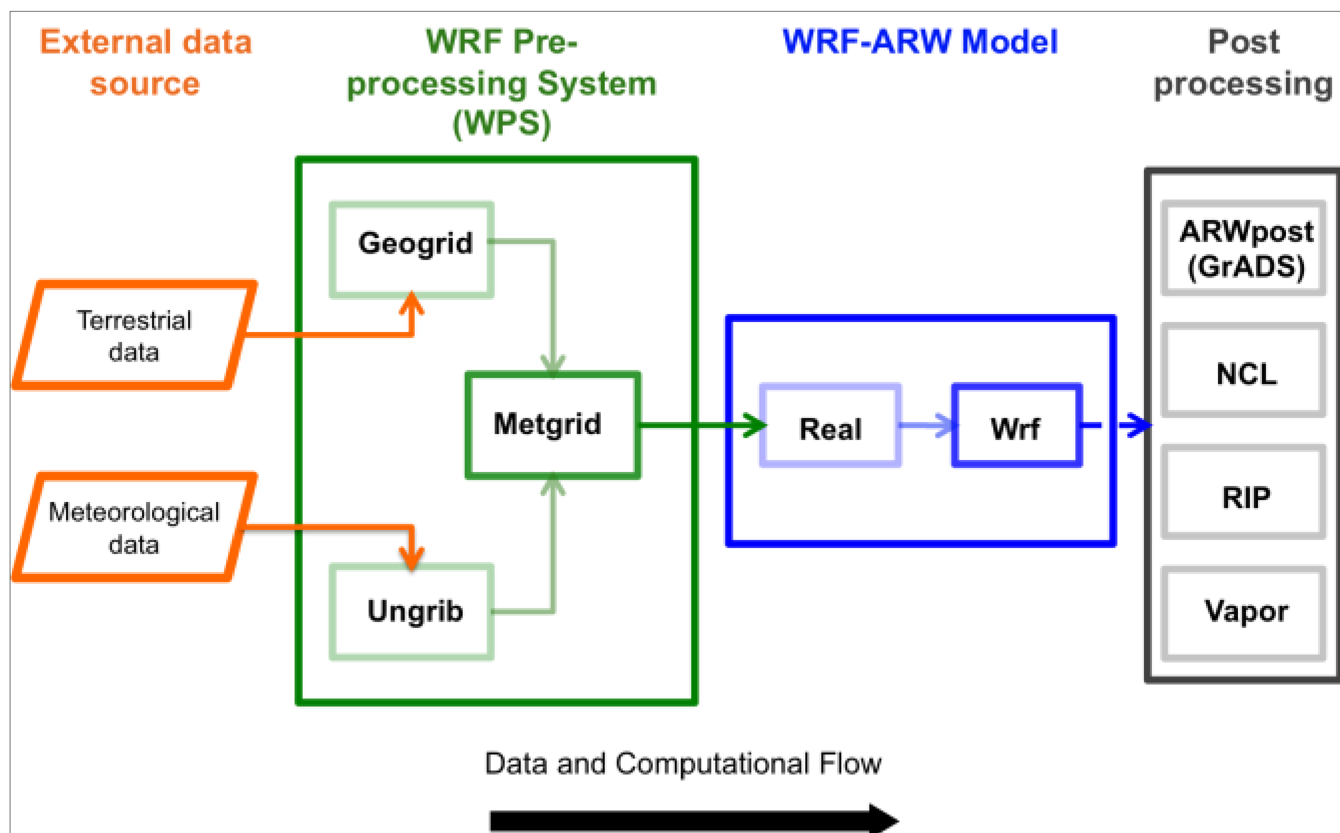


Figura 1. Flusso di dati e di esecuzione dei vari moduli costituenti il WRF.

2.2 Il modulo WPS

La fase di pre-processing ha tre principali obiettivi svolti da tre diversi moduli:

- ***Geogrid***: Settaggio dei domini tridimensionali di integrazione del modello, ed interpolazione dei dati statici del suolo terrestre sui domini;
- ***Ungrib***: Estrazione dai campi di dati meteorologici in formato GRIB generati da un modello di circolazione globale (GCM);
- ***Metgrid***: Interpolazione dei suddetti dati sui domini settati nel modello; questi dati forniscono le condizioni iniziali (IC) e al contorno (BC) necessarie per l'inizializzazione del modello; le BC vengono anche fornite durante il corso della simulazione ad intervalli regolari (tipicamente ogni 3 o 6 ore).

2.3 Il modulo WRF

La fase di processing è composta da 2 moduli e dai dati di input: per lanciare la vera e propria simulazione atmosferica sono necessari i due moduli da utilizzare, ***Real*** e ***WRF*** e, inoltre, che i file prodotti dal WPS siano stati correttamente ottenuti.

- ***Real***: Inizializza il modello generando i file di IC e BC a partire dai campi estratti ed interpolati nel WPS, ed è uno dei moduli disponibili assieme ad ***Ideal***, necessario ad inizializzare il modello in caso di run idealizzati, e ***Real_nmm*** da utilizzare nel caso in cui come *core* del modello sia stato implementato l'NMM invece;
- ***WRF***: Modulo che elabora la simulazione del modello meteorologico.

3. Ingegnerizzazione del WRF

3.1 Script di automazione

Nell'ambito del progetto, il codice necessario all'esecuzione di una simulazione WRF è stato ingegnerizzato. Si è provveduto, cioè, a creare degli script in linguaggio BASH che permettono di ridurre al minimo l'intervento di un operatore e, quindi, di automatizzare al meglio l'esecuzione di una simulazione. In linea generale, l'ingegnerizzazione consiste:

- Nel creare funzioni che settano l'ambiente idoneo al software in questione, il WRF;
- Nel definire diverse variabili che, settate un'unica volta, vengono poi passate durante il run laddove sono necessarie;
- Nell'armonizzare l'esecuzione di una simulazione mediante script che eseguono in automatico e secondo il work-flow del WRF i vari moduli del modello, per arrivare quindi all'esecuzione di un intero run WRF più il post-processing grafico dei suoi output.

Sono così stati creati i seguenti script:

1. **doSetup**
2. **doGeogrid**
3. **doUngrib**
4. **doMetgrid**
5. **doReal**
6. **doWrf**
7. **doWrf2Grads**

Questi script sono tutti contenuti nella cartella $*GRIDWRF_ROOT/sbin*.

Lo script *doSetup* contiene una serie di function che estendono le funzionalità del WRF e vengono rese disponibili agli script successivi. Gli script *doGeogrid*, *doUngrib* e *doMetgrid* eseguono i moduli Geogrid, Ungrib e Metgrib, ovvero la fase di pre-processing del WRF.

Gli script *doReal* e *doWrf* eseguono i moduli Real e Wrf, ovvero quelli che rappresentano la fase di processing del modello WRF.
L'ultimo script è complementare al modello WRF perché è realtivo alla fase di post-processing grafico.

Di seguito si analizza nel dettaglio come sono strutturati gli script sopra elencati, le principali caratteristiche e funzionalità:

- Script: **doSetup**

In questo script e' definito un'insieme di function; quest'ultime vengono più volte utilizzate all'interno dello stesso e durante il setup del modello WRF. Questo script viene appositamente caricato da ogni altro script successivo e, quindi, costituisce una specie di repository di diverse function che permette quindi di definire nuove funzionalità nell'ambito degli script bash che diventano disponibili una volta che è stato caricato lo script *doSetup* mediante il comando:

source *$GRIDWRF_ROOT/sbin/doSetup*

Vien meno quindi la necessità di dover ridefinire ogni volta una function necessaria per l'esecuzione.
Nel *doSetup* sono state definite 9 function di cui se ne descrivono le principali finalità:

1. *getPropertyValue*

Prendendo come valore di input il nome della variabile d'ambiente d'interesse, il path del file da controllare e una parola chiave, setta la variabile d'ambiente al valore identificato, mediante la parola chiave, all'interno del file indicato.

2. *environmentSetup*

Predispone il ramo del file system necessario ad ogni modulo del WRF, creando una cartella di input, una di output, e spostando, se necessario, il file compresso (tar file) contenente il codice originale di quel modulo.

3. *inflateInput*

Raggiunge la directory appropriata e decomprime i file compressi presenti all'interno.

4. *deflateOutput*

Raggiunge la directory appropriata e comprime i file compressi presenti all'interno.

5. *fetchOutput*

Sposta i file di ouput di un modulo nell'appropriata cartella dopo aver verificato che questa esiste.

6. *initJobResult*

Definisce alcune variabili d'ambiente necessarie alla macchina per gestire la richiesta di esecuzione del run WRF.

7. *echoJobDebug*

Visualizza a schermo alcuni messaggi con le principali caratteristiche (data, nome della macchina, utente, ecc.) della richiesta di esecuzione del run WRF sottomessa.

8. *echoJobResult*

Visualizza a schermo alcuni messaggi con le principali caratteristiche (durata, utente, messaggi di esecuzione, ecc.) del run WRF in esecuzione.

9. *substututeEnvironmentValues*

Sostituisce i valori di alcune variabili all'interno di un file specificato come primo input e scrivendo i nuovi risultati all'interno di un secondo file il cui nome è passato alla function come secondo input.

- Script: **doGeogrid**

Questo script esegue il modulo Geogrid del WRF. Richiede 5 input:

- *scratchDir*: La directory provvisoria di esecuzione del modulo;
- *tarFile*: Il file compresso contenente il codice del modulo da eseguire;
- *centerLongitude*: La longitudine centrale del dominio più esterno da settare nel modello;
- *centerLatitude*: La latitudine centrale del dominio più esterno da settare nel modello;
- *numberOfNests*: Il numero di griglie innestate.

FUNZIONAMENTO:

Dopo aver controllato che i valori di latitudine e longitudine siano realistici e correttamente impostati, lo script concatena i valori di input più altri valori configurabili dall'utente nella namelist necessaria al funzionamento dell'eseguibile *Geogrid.exe,* lancia l'eseguibile e, in seguito, sposta il file di log creato dal Geogrid e i file NetCDF di output, all’interno della directory temporanea creata dal *doSetup*.

- Script: **doUngrib**

Questo script esegue il modulo Ungrib del WRF. Richiede 6 input:

- *scratchDir*: La directory provvisoria di esecuzione del modulo;
- *tarFile*: Il file compresso contenente il codice del modulo da eseguire;
- *meteoGribDataRoot*: Il path della directory contenente i dati in formato GRIB necessari per creare le condizioni iniziali e al contorno;
- *initialDate*: La data di inizio del periodo simulato espressa nel formato coerente con quello usato nella nomenclatura dei file GRIB;
- *hours*: Le ore di durata del periodo simulato;
- *numberOfNests*: Numero di griglie innestate.

FUNZIONAMENTO:

Dopo aver controllato che il numero di nest sia corretto, lo script crea, dagli input dati, altre variabili necessarie all'esecuzione dell'Ungrib e concatena il tutto nella namelist necessaria al funzionamento dell'eseguibile *Ungrib.exe*. Infine, lo script lancia l'eseguibile e, in seguito, sposta il file di log creato dall'*Ungrib* e i file di output, all'interno della directory temporanea creata dal *doSetup*.

- Script: **doMetgrid**

Questo script esegue il modulo Metgrid del WRF. Richiede 5 input:

- *scratchDir*: La directory provvisoria di esecuzione del modulo;
- *tarFile*: Il file compresso contenente il codice del modulo da eseguire;
- *initialDate*: La data di inizio del periodo simulato espressa nel formato coerente con quello usato nella nomenclatura dei file GRIB;
- *hours*: Le ore di durata del periodo simulato;
- *numberOfNests*: Numero di griglie innestate.

FUNZIONAMENTO:

Dopo aver controllato che il numero di nest sia corretto, lo script crea, dagli input dati, altre variabili necessarie all'esecuzione del *Metgrid* e concatena il tutto nella namelist necessaria al funzionamento dell'eseguibile *Metgrid.exe*. L'utente deve settare in questa namelist i livelli verticali iniziali su cui verranno interpolati i dati elaborati dall'Ungrib.

Infine, lo script lancia l'eseguibile e, in seguito, sposta il file di log creato dal *Metgrid* e i file di output, all’interno della directory temporanea creata dal *doSetup*.

- Script: **doReal**

Questo script esegue il modulo *Real* del WRF. Richiede 5 input, gli stessi dello script precedente, il *doMetgrid*:

- *scratchDir*;
- *tarFile*;
- *initialDate*;
- *hours*;
- *numberOfNests*.

FUNZIONAMENTO:

Dopo aver controllato che il numero di nest sia corretto e dopo aver linkato logicamente l'eseguibile di questo modulo (*real.exe*) presenti nella sottodirectory *run* della directory principale del WRF (descritta nella variabile $*GRIDWRF_ROOT*), lo script crea, dagli input dati, altre variabili necessarie all'esecuzione del Real e concatena il tutto nella namelist necessaria al funzionamento dell'eseguibile *real.exe*. L'utente deve settare in questa namelist numerosi parametri che riguardano le opzioni fisiche e numeriche del modello (vedi manuale operativo).
Infine, lo script lancia l'eseguibile e, in seguito, sposta il file di log creato dal Real e i file di output, all’interno della directory temporanea creata dal *doSetup*.

- Script: **doWrf**

Questo script esegue il modulo Wrf del WRF. Richiede 5 input, gli stessi degli script precedenti *doMetgrid* e *doReal*:

- *scratchDir*;
- *tarFile*;
- *initialDate*;
- *hours*;
- *numberOfNests*.

FUNZIONAMENTO:

Dopo aver controllato che il numero di nest sia corretto, lo script linka logicamente i numerosi file necessari all'esecuzione di questo modulo (*real.exe*) presenti nella sottodirectory *run* della directory principale del WRF (descritta nella variabile $*GRIDWRF_ROOT*). Essendo il modulo principale e più complesso del modello, quello che integra nel tempo e nello spazio le equazioni approssimate numericamente che descrivono l'atmosfera, sono numerosi i file da linkare e da rendere quindi disponibili all'eseguibile durante il suo funzionamento.
Lo script crea, a partire dagli input dati, altre variabili necessarie all'esecuzione del WRF e concatena il tutto nella namelist necessaria al funzionamento dell'eseguibile *wrf.exe*. L'utente deve settare in questa namelist numerosi parametri che riguardano le opzioni fisiche e numeriche del modello (vedere il manuale operativo).
Lo script crea anche il "machinefile", necessario ad indicare, al programma che fa girare in parallelo il modello, quali e quanti processori usare. Infine, lo script lancia l'eseguibile in parallelo e, in seguito, sposta il file di log creato dal WRF e i file NetCDF di output, all'interno della directory creata dal *doSetup*.

- Script: **doWrf2GrADS**

Questo è uno script aggiuntivo che non fa parte dei moduli del WRF ma ne risulta complementare al fine della visualizzazione degli output. Lo script esegue il modulo *ARWpost* che processa i file di output del WRF (versione ARW) al fine di creare i metafile di input per il programma di post-processing GrADS. I metafile prodotti sono di due tipi: .dat, in formato binario, che contiene i valori delle variabili processate più tutte le informazioni riguardanti la griglia del modello da cui provengono gli output; .ctl, in formato testuale, che contiene dei caratteri descriventi i dati presenti nel file .dat ad esso associato.
Il funzionamento dell'ARWpost richiede la compilazione di una namelist in cui si specificano, tra tutti i possibili parametri, quelli che si vuole elaborare.

Il modulo *doWrf2GrADS*, richiede 5 input:

- *scratchDir*: La directory provvisoria di esecuzione del modulo;
- *tarFile*: Il file compresso contenente il codice del modulo da eseguire;
- *wrfOutputFile*: Il path del file WRF di output da processare;
- *initialDate*: La data di inizio del periodo simulato espressa nel formato coerente con quello usato nella nomenclatura dei file GRIB;
- *hours*: Le ore di durata del periodo simulato.

FUNZIONAMENTO:

Dopo aver linkato logicamente l'eseguibile di questo modulo (*ARWpost.exe*) e altri 5 file necessari al suo funzionamento presenti nella sottodirectory *ARWpost* della directory principale del WRF (descritta nella variabile $*GRIDWRF_ROOT*), lo script crea, a partire dagli input dati, altre variabili necessarie all'esecuzione del WRF e concatena il tutto nella namelist necessaria al funzionamento dell'eseguibile *ARWpost.exe*. L'utente deve settare, in questa, numerosi parametri che riguardano le variabili da elaborare.
Infine, lo script lancia l'eseguibile e, in seguito, sposta il file di log, i file .ctl e .dat creati dall'*ARWpost*, all'interno della directory creata dal *doSetup*.

- Script: **Forecast**

Tutte le function e gli script precedentemente descritte sono infine eseguite automaticamente e sequenzialmente all'interno di un ultimo script bash, il *Forecast*.
In questo script si caricano le variabili e le function che settano l'ambiente di calcolo idoneo al lancio di una simulazione.

Vengono, quindi, caricate le function dello script *doSetup* e, infine, vengono lanciati gli script precedentemente analizzati:

- source $GRIDWRF_ROOT/sbin/doSetup
- $GRIDWRF_ROOT/sbin/doGeogrid Input 1# Input #2 Input #3 Input #4 Input #5
- $GRIDWRF_ROOT/sbin/doUngrib Input 1# Input #2 Input #3 Input #4 Input #5 Input #6
- $GRIDWRF_ROOT/sbin/doMetgrid Input 1# Input #2 Input #3 Input #4 Input #5
- $GRIDWRF_ROOT/sbin/doWrf Input 1# Input #2 Input #3 Input #4 Input #5

Dove gli input necessari sono quelli descritti in precedenza per ciascuno script bash che viene eseguito.

Alla fine della simulazione, lo script converte gli output ottenuti nel formato netcdf utilizzato dal software Chimere utilizzato nel modulo B del progetto. Questa conversione è, quindi, necessaria per il futuro riutilizzo dei dati come input della simulazione del modello Chimere per valutare l'impatto ambientale.

1. Introduzione

Il WRF è composto da diversi moduli a partire dal pre-processing di diversi tipi di dati, fino all'elaborazione degli output e post-processing grafico. Si distinguono due principali moduli, quello del pre-processing (WPS) e quello che costituisce il nucleo del sistema modellistico (WRF-ARW), ciascuno suddiviso in ulteriori moduli. Per ciascuno di questi moduli è stato realizzato uno script di automazione che si occupa di eseguire il relativo modulo.

I moduli WPS previsti dal modello WRF sono Geogrid, Ungrib e Metgrib. Gli script realizzati ad hoc, relativi a questi moduli sono doGeogrid, doUnbrib e doMetgrid.

Ogni modulo può essere inteso come un software che, ricevuti determinati input dal modulo che occupa la posizione precedente nel flusso di informazioni, genera i propri output che costituiranno l'input per l'eventuale modulo successivo.

Per quanto riguarda gli script che eseguono i moduli, le opzioni e i parametri di ciascun script vengono settati mediante il cambiamento di opportuni valori in sezioni (che iniziano con “&” e finiscono con “/”) delle namelist predisposte. Tali valori, quindi, rappresentano la configurazione del modulo eseguito all’interno dello script. L’utilizzo delle namelist permette di variare la configurazione del modello senza la necessità di dover ricompilare il codice ad ogni run. Ogni namelist deve essere fornita come argomento da riga di comando nel momento in cui si lancia il file eseguibile di ciascun modulo.

QUICK START

2. Esecuzione automatica dei moduli

Al fine di rendere più semplice e veloce la configurazione e l’esecuzione è stato realizzato un macro-script, il *Forecast*, che permette di lanciare una simulazione del modello WRF con un singolo comando e ridurre al minimo i dati di input necessari alla simulazione.
Tutte le function e gli script realizzati possono, quindi, essere eseguiti automaticamente e sequenzialmente all’interno di un ultimo script bash, il *Forecast*.

2.1 Utilizzo del Forecast

Per lanciare la simulazione in maniera automatizzata, posizionarsi nel path in cui è presente lo script *forecast* ed eseguire il comando:

./forecast *data-simulazione*

I dati di input relativi alla data immessa, devono essere presenti all’interno del path /home/*utente*/Download/data/ncep/*data-simulazionenelformato <aaaammdd>*

Qualora il path non esistesse, vanno create le directory mancanti con il comando mkdir.

I dati di input della data scelta, vanno prelevati dai database ncep e sono disponibili gratuitamente.

In questo script si caricano le variabili e le function che settano l’ambiente di calcolo idoneo al lancio di una simulazione.

2.2 Esecuzione manuale della simulazione

Qualora non si volesse lanciare lo script di automatizzazione, è necessario eseguire una serie di operazioni manualmente.

In particolare si caricano i file di sistema necessari:

source /opt/etc/profile
source /home/itm4/.bashrc

Si esporta la variabile d’ambiente principale che definisce la directory madre in cui è presente tutto il codice del WRF; si crea la cartella in cui saranno salvati gli output del modello.

export GRIDWRF_ROOT=/home/*utente*/opt/wrf-3.1.1-grid-0.0.1
FORECAST_ROOT=/home/*utente*/wrf

Creare una directory generale che conterrà tutti I dati della simulazione. Come nome utilizzare ad esempio la data della simulazione (aaaammdd).

All'interno della directory generale appena create, creare una directory per ogni singolo modulo previsto dal Wrf: *Geogrid, Ungrib, Metgrid, Real, Wrf.*

A questo punto, vengono lanciati gli script realizzati, utilizzando le configurazioni realizzate ad hoc all'interno degli script (*namelist.wps* e *namelist.input*):

- **source $GRIDWRF_ROOT/sbin/doSetup**

- Posizionarsi nella directory *Geogrid* creata sopra e lanciare il commando:
  $GRIDWRF_ROOT/sbin/doGeogrid -noautonamelist <*inserire gli input*>
  Se l'esecuzione va a buon fine, verrà visualizzata a schermo la corretta esecuzione del modulo e all'interno della directory saranno presenti i file di output con il nome **geo_em.d<*numerodominio*>.nc**. Spostare questi file all'interno della directory *Metgrid*.

- Posizionarsi nella directory *Ungrib* creata sopra e lanciare il commando:
  $GRIDWRF_ROOT/sbin/doUngrib -noautonamelist <*inserire gli input*>
  Se l'esecuzione va a buon fine, verrà visualizzata a schermo la corretta esecuzione del modulo e all'interno della directory saranno presenti i file di output con il nome
  FILE:<*data ed ora*>. Spostare questi file all'interno della directory *Metgrid*.

- Posizionarsi nella directory *Metgrib* creata sopra e lanciare il commando:
  $GRIDWRF_ROOT/sbin/doMetgrid -noautonamelist <*inserire gli input*>
  Se l'esecuzione va a buon fine, verrà visualizzata a schermo la corretta esecuzione del modulo e all'interno della directory saranno presenti i file di output con il nome
  met_em.<*data ed ora*>.nc. Spostare questi file all'interno della directory *Real*.

- Posizionarsi nella directory *Real* creata sopra e lanciare il commando:
  $GRIDWRF_ROOT/sbin/doReal -noautonamelist <*inserire gli input*>
  Se l'esecuzione va a buon fine, verrà visualizzata a schermo la corretta esecuzione del modulo e all'interno della directory saranno presenti i file di output con il nome
  wrfinput_d<*numerodominio*>. Spostare questi file all'interno della directory *Wrf*.

- Posizionarsi nella directory *Wrf* creata sopra e lanciare il commando:
  $GRIDWRF_ROOT/sbin/doWrf -noautonamelist <*inserire gli input*>
  Gli output ottenuti da questo modulo saranno presenti all'interno della stessa directory e avranno nome: **wrfinput_d<*numerodominio*>_<*data ed ora*>**

Gli input necessari e opzionali sei singoli moduli sono quelli descritti nel manuale descrittivo del modulo A per ciascuno script bash che viene eseguito.

Analizzando lo script *Forecast* è possibile avere un esempio degli input richiesti dai singoli moduli.

ADMIN GUIDE

3. Configurazione del WPS

La namelist utilizzata nel WPS per poter configurare i moduli di pre-processing, si chiama *namelist.wps* e comprende diverse sezioni dipendenti da ciascun modulo, più una sezione condivisa (*&share*).
Dopo aver eseguito ciascun modulo, si può controllare l'esito attraverso i file di *log* o di *printout* generati.

3.1 Lo Script *Geogrid*

Questo script esegue il modulo Geogrid del WRF. Richiede 5 input:

- *scratchDir*: La directory provvisoria di esecuzione del modulo;
- *tarFile*: Il file compresso contenente il codice del modulo da eseguire;
- *centerLongitude*: La longitudine centrale del dominio più esterno da settare nel modello;
- *centerLatitude*: La latitudine centrale del dominio più esterno da settare nel modello;
- *numberOfNests*: Il numero di griglie innestate.

Vengono linkati logicamente i file necessari all'esecuzione di questo modulo (*"geogrid.exe"*, "*geog"*, "*geogrid"*) presenti nella sottodirectory *WPS* della directory principale del WRF (descritta nella variabile *$GRIDWRF_ROOT*).

Il settaggio delle griglie avviene mediante l'edit di due sezioni della namelist *namelist.wps*:

"

- sezione ***&share***

&share

wrf_core = 'ARW',	
start_date = '2007-07-13_00:00:00',	data di inizio simulazione
end_date = '2007-07-15_00:00:00',	data di fine simulazione
interval_seconds = 21600,	intervallo con cui si forniscono le BC al modello
max_dom = 3,	numero di domini totale
io_form_geogrid = 2,	formato dei file di output dal modulo geogrid (l'opzione 2 produce file di tipo NetCDF)

"

– sezione ***&geogrid:*** *ciascuna colonna dei primi 7 campi si riferisce ai domini settati (3)*:

“

&geogrid

parent_id = 1, 1, 2,	n.ro identificativo del dominio madre (PD)
parent_grid_ratio = 1, 3, 3,	rapporto tra i passi di griglia tra PD e innestato (ND)
i_parent_start = 1, 34, 38,	punto di ancoraggio lungo la direzione S-N del ND in punti griglia del PD
j_parent_start = 1, 30, 48,	punto di ancoraggio lungo la direzione E-W del ND in punti griglia del PD
e_we = 104, 103, 103,	n.ro di punti griglia in direzione E-W
e_sn = 104, 103, 103,	n.ro di punti griglia in direzione S-N
geog_data_res = '30s', '30s', '30s',	risoluzione dei dati terrestri
dx = 27000	passo di griglia in m in direzione E-W
dy = 27000	passo di griglia in m in direzione S-N
map_proj = 'lambert',	proiezione di mappa (Lambert per le medie latitudini)
ref_lat = 45.40,	latitudine del punto centrale del PD
ref_lon = 13.47,	longitudine del punto centrale del PD
truelat1 = 30.0,	latitudine “vera” per definire la proiezione Lambert
truelat2 = 60.0,	latitudine “vera” per definire la proiezione Lambert
stand_lon = -98.0,	*parametro non valido nel caso di proiezione Lambert*
geog_data_path = './geog'	directory dei dati terrestri
OPT_GEOGRID_TBL_PATH = './geogrid'	link alle tabelle necessarie per comunicare al Geogrid i metodi di interpolazione dei dati terrestri.

“

Per far girare il Geogrid bisogna lanciare il file eseguibile *geogrid.exe*; vengono generati file nominati *geo_em.d01.nc*, uno per ciascun dominio implementato.

3.2 Lo Script *Ungrib*

Questo script esegue il modulo Ungrib del WRF. Richiede 6 input:

- *scratchDir*: La directory provvisoria di esecuzione del modulo;
- *tarFile*: Il file compresso contenente il codice del modulo da eseguire;
- *meteoGribDataRoot*: Il path della directory contenente i dati in formato GRIB necessari per creare le condizioni iniziali e al contorno;
- *initialDate*: La data di inizio del periodo simulato espressa nel formato coerente con quello usato nella nomenclatura dei file GRIB;
- *hours*: Le ore di durata del periodo simulato;
- *numberOfNests*: Numero di griglie innestate.

Vengono linkati logicamente i file necessari all'esecuzione di questo modulo (*"ungrib.exe"*, *"link_grib.csh"*, *"Vtable.GFS"*) presenti nella sottodirectory *WPS* della directory principale del WRF (descritta nella variabile $*GRIDWRF_ROOT*).

Prima di lanciare l'eseguibile di questo modulo per estrapolare i dati dai file GRIB prodotti da un GCM, è necessario:

– indicare la posizione delle Vtable, file testuali contenenti le corrispondenze tra codici GRIB e parametro meteorologico che essi rappresentano. Le Vtable cambiano a seconda del GCM che ha generato i GRIB utilizzati; p.es., nel caso del modello global GFS:

“ *ln -s ungrib/Variable_Tables/Vtable.GFS Vtable* “

– linkare la posizione in cui si trovano i file GRIB ad una sottodirectory della directory WPS, mediante l'utility *link_grib.csh*

Le sezioni della namelist *namelist.wps* necessarie per questo modulo sono le seguenti:

“

- *&ungrib*
    out_format = 'WPS',
    prefix = 'FILE'

“

o, nel caso di file con i dati per la superficie marina:

“

- *&ungrib*

out_format = 'WPS',

prefix = SST'

“

Con i valori così specificati nelle namelist, i file intermedi generati lanciando *ungrib.exe* vengono nominati come:

FILE:2007-07-13_00
FILE:2007-07-13_06
…
SST:2007-07-13_00
SST:2007-07-13_06
ecc…

3.3 Lo Script *Metgrid*

Questo script esegue il modulo Metgrid del WRF. Richiede 5 input:

- *scratchDir*: La directory provvisoria di esecuzione del modulo;
- *tarFile*: Il file compresso contenente il codice del modulo da eseguire;
- *initialDate*: La data di inizio del periodo simulato espressa nel formato coerente con quello usato nella nomenclatura dei file GRIB;
- *hours*: Le ore di durata del periodo simulato;
- *numberOfNests*: Numero di griglie innestate.

Vengono linkati logicamente i file necessari all'esecuzione di questo modulo (*"metgrid.exe"*, *"METGRID.TBL"*) presenti nella sottodirectory *WPS* della directory principale del WRF (descritta nella variabile $*GRIDWRF_ROOT*).

Dopo aver controllato che il numero di nest sia corretto, lo script crea, dagli input dati, altre variabili necessarie all'esecuzione del *Metgrid* e concatena il tutto nella namelist necessaria al funzionamento dell'eseguibile *Metgrid.exe*. L'utente deve settare in questa namelist i livelli verticali iniziali su cui verranno interpolati i dati elaborati dall'Ungrib.
Infine, lo script lancia l'eseguibile e, in seguito, sposta il file di log creato dal *Metgrid* e i file di output, all'interno della directory temporanea creata dal *doSetup*.

Le sezioni di *namelist.wps* interessate da questo modulo, sono quella iniziale, già impostata in partenza, e la seguente:

"

- *&metgrid*

fg_name = 'GFS',	indica il prefisso dei file intermedi generati da *Ungrib*
constants_name = 'SST:2007-07-13_00'	(opzionale, nel caso esistano campi che rimangono costanti durante l'integrazione numerica; indica qual è il file da cui attingere gli stessi valori per tutta la simulazione)
io_form_metgrid = 2,	indica il formato del file di output (l'opzione 2 produce file di tipo NetCDF)

"

Dopo aver aggiornato la namelist, bisogna assicurarsi che il file MKGRID.TBL, contenenti le indicazioni circa il metodo di interpolazione dei campi meteorologici sui domini selezionati, sia linkato al modulo:

“ *ln -s metgrid/METGRID.TBL.ARW METGRID.TBL* “

Fatto ciò, è possibile lanciare l'eseguibile *metgrid.exe* che genererà file tipo nominati secondo la seguente dicitura *met_em.d01.YYYY-MM-DD_HH:00:00*, e saranno in numero pari ai file di BC generati (durata simulazione/intervallo BC) più il file di IC, per ciascun dominio implementato.

Con questi primi 3 moduli si conclude la fase di pre-processing del WRF. I dati raccolti verranno utilizzati come input per la fase di processing.

4. Configurazione del WRF

Per lanciare la vera e propria simulazione atmosferica è necessario che gli eseguibili dei due moduli da utilizzare, ***real.exe*** e ***wrf.exe***, siano stati correttamente ottenuti, così come i file prodotti dal WPS.
Il ***real.exe*** inizializza il modello generando i file di IC e BC a partire dai campi estratti ed interpolati nel WPS, ed è uno dei moduli disponibili assieme ad *ideal.exe*, necessario ad inizializzare il modello in caso di run idealizzati, e *real_nmm.exe* da utilizzare nel caso in cui come *core* del modello sia stato implementato l'NMM invece dell'ARW.
Prima di lanciare il WRF-ARW è necessario spostarsi nella directory di run (tipicamente WRFV3/run) e copiarvi o linkarvi i file prodotti dal WPS:

" *ln –s path_directory_WPS/met_em.* directory_run* "

Di seguito si analizza il caso di una simulazione con più domini innestati con tecnica *2-way*.

4.1 Configurazione della *namelist.input*

Il settaggio degli script *doReal* e *doWrf*, e quindi dei moduli ad essi associati *real.exe* e *wrf.exe*, avviene mediante cambiamenti apportati nella namelist di processing, chiamata *namelist.input*.
Si analizzano i principali campi delle diverse section che compongono *namelist.input*. La prima section, *time_control*, gestisce gli estremi temporali del run; la prima colonna si riferisce al PD, le altre ai NDs. Se sono stati implementati in totale 2 domini, eventuali ulteriori colonne vengono ignorate dal real.exe:

"

- *&time_control*

start_year = 2007, 2007,
start_month = 07, 07,
start_day = 13, 13,
start_hour = 00, 00, 00,
start_minute = 00, 00, 00,
start_second = 00, 00, 00,
end_year = 2007, 2007,
end_month = 07, 07,
end_day = 15, 15,
end_hour = 00, 00, 00,
end_minute = 00, 00, 00,
end_second = 00, 00, 00,
interval_seconds = 21600 — come in namelist.wps
input_from_file = .true., .true., .true., — indica se i file prodotti da ciascun dominio,

	debbano essere usati per inizializzare le griglie rispettivamente innestate (.true. è il caso tipico)
history_interval = 60, 60, 60,	intervallo di scritture dei file di history (in minuti, opzione facoltativa utile per i cosiddetti “restart run”)
frames_per_outfile = 1000, 1000, 1000,	numero di parti in cui suddividere i file di output
restart = .false.,	indica se si tratta di un restart run (opzione non contemplata in questo documento)
restart_interval = 86400,	
io_form_history = 2	
tipo di file; 2= NetCDF	
io_form_restart = 2	
io_form_input = 2	
io_form_boundary = 2	
debug_level = 0	
auxinput4_interval = 360, 360, 360, 360, 360,	
auxinput4_inname = "wrflowinp_d<domain>",	
auxinput11_interval = 360 , 360 , 360	
auxinput11_end_h = 48, 48, 48,	

“

“

- *&domains*

time_step = 180,	passo temporale di integrazione (in minuti)
time_step_fract_num = 0,	
time_step_fract_den = 1,	
max_dom = 2,	attiva il nesting indicando il numero di domini totali (in questo caso vi è solo un domino innestato)
e_we = 104, 82, 103	come in namelist.wps
e_sn = 104, 103, 103,	
s_vert = 1, 1, 1,	
e_vert = 28, 28, 28,	
num_metgrid_levels = 27	
dx = 27000, 9000, 3000,	
dy = 27000, 9000, 3000,	
grid_id = 1, 2, 3,	
parent_id = 0, 1, 2, 3,	
i_parent_start = 1, 39, 22,	
j_parent_start = 1, 30, 48,	
come in namelist.wps	

parent_grid_ratio = 1, 3, 3,	rapporto tra il passo di griglia del PD e del ND
parent_time_step_ratio = 1, 3, 3,	rapporto tra il passo temporale del PD e del ND; può essere diverso dal rapporto spaziale ma bisogna mantenere un valore che garantisca stabilità computazionale (in caso contrario, nei file di log potrebbe apparire un avviso tipo CFL > 1)
feedback = 1,	feedback=0 corrisponde al 1-way nest; feedback=1 corrisponde al 2-way nesting
smooth_option = 0	metodo di smoothing dei dati tra griglie innestate
use_adaptive_time_step = .true.	
step_to_output_time = .true.	
target_cfl= 1.2, 1.2, 1.2,	
max_step_increase_pct = 5, 51, 51,	
starting_time_step = 180, 20, 6,	
max_time_step = -1, -1, -1,	
min_time_step = -1, -1, -1,	

“

Nella prossima section vengono definite le opzioni della cosiddetta “fisica” del modello; queste opzioni riguardano gli schemi di parametrizzazione dei processi di sottogriglia, di quei processi, cioè, che non possono essere esplicitamente risolti dal modello perché avvengono su scale più piccole di quelle risolte dal modello, e che quindi vengono risolti mediante equazioni parametrizzate (in cui cioè la variabile viene risolta in funzione delle incognite già presenti nelle equazioni risolte, senza quindi l'aggiunta di ulteriori incognite). Per una descrizione di ciascuna parametrizzazione si rimanda alla guida dell'utente (ARWUsersGuideV3.pdf) scaricabile dal link indicato all'inizio di questo documento. Di seguito si riporta una possibile configurazione; da notare che tutte le parametrizzazioni sono uguali per ciascun dominio innestato (può variare la cu_physics, nel senso che questo schema può essere disinserito per domini con passo di grigli minore di circa 5 Km):

“ - *&physics*

mp_physics= 3, 3, 3,
ra_lw_physics= 1, 1, 1,
ra_sw_physics= 1, 1, 1,
radt= 30, 30, 30,
sf_sfclay_physics= 2, 2, 2,
sf_surface_physics= 2, 2, 2,
sf_urban_physics= 2, 2, 2,
bl_pbl_physics= 2, 2, 2,
bldt= 0, 0, 0,
cu_physics= 1, 1, 0,
cudt= 5, 5, 5,
isfflx= 1,
ifsnow= 0,
icloud= 1,
surface_input_source= 1,
num_soil_layers= 4,
mp_zero_out= 0,

maxiens= 1,
maxens= 3,
maxens2= 3,
maxens3= 16,
ensdim= 144,

sst_update= 1,

usemonalb= .true.,
num_land_cat= 20, “

Nella prossima section vengono definite le opzioni della cosiddetta “dinamica” del modello; queste

opzioni riguardano i parametri necessari per definire gli schemi numerici con cui si approssimano (discretizzano) e risolvono le equazioni differenziali che descrivono la dinamica atmosferica.
Per una descrizione di ciascuna parametrizzazione si rimanda alla guida dell'utente (ARWUsersGuideV3.pdf) scaricabile dal link indicato all'inizio di questo documento. Di seguito si riporta una possibile configurazione:

"
```
- &dynamics
    w_damping = 0,
    diff_opt = 1,
    km_opt = 4,
    base_temp = 290.
    damp_opt = 0,
    zdamp= 5000., 5000., 5000.,
    dampcoef = 0.01, 0.01, 0.01
    khdif= 0, 0, 0,
    kvdif= 0, 0, 0,
    smdiv= 0.1, 0.1, 0.1,
    emdiv= 0.01, 0.01, 0.01,
    epssm= 0.1, 0.1, 0.1
    time_step_sound= 4, 4, 4,
    h_mom_adv_order= 5, 5, 5,
    v_mom_adv_order= 3, 3, 3,
    h_sca_adv_order= 5, 5, 5,
    v_sca_adv_order= 3, 3, 3,
    non_hydrostatic= .true., .true., .true.,
    pd_moist= .true., .true., .true.,
    pd_scalar= .true., .true., .true.,
    pd_chem= .true., .true., .true.,
    pd_tke= .true., .true., .true.,
```
"

Nella prossima section vengono definite le opzioni che controllano il passaggio dei dati costituenti le BC di ciascun dominio; si tratta quindi dei dati da modelli globali prodotti nel modulo WPS per il PD, e dei file dei rispettivi PD per ciascun MD. Questa è una parte della namelist caratteristica per il modulo real.exe che è specificatamente definito per la creazione dei file di boundary.
Di seguito si riporta una tipica configurazione:

“

- *&bdy_control*

spec_bdy_width = 5, (opzione per il core ARW)
spec_zone = 1, (opzione per il core ARW)
relax_zone = 4, *(*opzione per il core ARW)
specified = .true., .false.,.false.,
periodic_x = .false.,.false.,.false.,
symmetric_xs = .false.,.false.,.false.,
symmetric_xe = .false.,.false.,.false.,
open_xs = .false.,.false.,.false.,
open_xe = .false.,.false.,.false.,
periodic_y = .false.,.false.,.false.,
symmetric_ys = .false.,.false.,.false.,
symmetric_ye = .false.,.false.,.false.,
open_ys = .false.,.false.,.false.,
open_ye = .false.,.false.,.false.,
nested = .false., .true., .true.,

“

4.2 Lo script *Real*

Questo script esegue il modulo *Real* del WRF. Richiede 5 input, gli stessi dello script precedente, il *doMetgrid*:

- *scratchDir*;
- *tarFile*;
- *initialDate*;
- *hours*;
- *numberOfNests*.

Dopo aver controllato che il numero di nest sia corretto e dopo aver linkato logicamente l'eseguibile di questo modulo (*real.exe*) presenti nella sottodirectory *run* della directory principale del WRF (descritta nella variabile $*GRIDWRF_ROOT*), lo script crea, dagli input dati, altre variabili necessarie all'esecuzione del Real e concatena il tutto nella namelist necessaria al funzionamento dell'eseguibile *real.exe*. L'utente deve settare in questa namelist i numerosi parametri che riguardano le opzioni fisiche e numeriche del modello (vedere sezione 3.1).
Infine, lo script lancia l'eseguibile e, in seguito, sposta il file di log creato dal Real e i file di output, all'interno della directory temporanea creata dal *doSetup*.

Una volta che la namelist.input è stata aggiornata, si può far girare l'eseguibile *real.exe* che genererà, per ciascun dominio, file nominati come di seguito:

wrfinput_d01
wrfbdy_d01
ecc…

4.3 Lo Script *WRF*

Questo script esegue il modulo Wrf del WRF. Richiede 5 input, gli stessi degli script precedenti *doMetgrid* e *doReal*:

- *scratchDir*;
- *tarFile*;
- *initialDate*;
- *hours*;
- *numberOfNests*.

Questi file, assieme a quelli generati dal WPS, sono necessari per l'esecuzione della simulazione, cioè per lanciare il ***wrf.exe***.
Dopo aver controllato che il numero di nest sia corretto, lo script linka logicamente i numerosi file necessari all'esecuzione di questo modulo (*real.exe*) presenti nella sottodirectory *run* della directory principale del WRF (descritta nella variabile $*GRIDWRF_ROOT*). Essendo il modulo principale e più complesso del modello, quello che integra nel tempo e nello spazio le equazioni approssimate

numericamente che descrivono l'atmosfera, sono numerosi i file da linkare e da rendere quindi disponibili all'eseguibile durante il suo funzionamento.
Lo script crea, a partire dagli input dati, altre variabili necessarie all'esecuzione del WRF e concatena il tutto nella namelist necessaria al funzionamento dell'eseguibile *wrf.exe*. L'utente deve settare in questa namelist i numerosi parametri che riguardano le opzioni fisiche e numeriche del modello (vedere sezione 3.1).
Lo script crea anche il “machinefile”, necessario ad indicare, al programma che fa girare in parallelo il modello, quali e quanti processori usare. Infine, lo script lancia l'eseguibile in parallelo e, in seguito, sposta il file di log creato dal WRF e i file NetCDF di output, all’interno della directory creata dal *doSetup*.

Durante l'esecuzione del *wrf.exe, possono essere controllati i file “*Standard out” e “Standard error” nominati in automatico come di seguito:

wrf.out o rsl.error*

In particolare, nel caso di run su cluster di calcolatori, sarà generata una coppia .out e .error per ciascun processore impiegato nel calcolo:

rsl.out.0000 rsl.error.0000
rsl.out.0001 rsl.error.0001
rsl.out.0002 rsl.error.0002
rsl.out.0003 rsl.error.0003
ecc…

Per ciascun *job*, nel caso di elaborazione completata con successo, si troverà la seguente scritta nei file rsl.*:

wrf: SUCCESS COMPLETE WRF

I file di history saranno generati file con la seguente dicitura:

wrfout_d01_<date>

Quelli di restart (se richiesti):

wrfrst_d01_<date>

I file di output vero e proprio, quelli cioè contenenti i dati della simulazione, saranno generati con la seguente dicitura:

wrfout_d01_2007-07-13_00:00:00
wrfout_d02_2007-07-13_00:00:00

Visualizzazione dei Dati

Generalità

Il software di visualizzazione dei dati realizzato nell'ambito del progetto, è composto da una serie di function, script e dati che, nel complesso, forniscono un'applicazione specialistica sviluppata ad hoc per l'elaborazione e la visualizzazione di una serie di dati ottenuti da varie fonti, quali banche dati ed inventari di emissione (come l'EMEP che si occupa del monitoraggio europeo), dati meteorologici, dati di emissione, dati derivanti da simulazioni di inquinamento e di valutazione della qualità dell'aria, dati derivanti da campagne di misurazione, ecc... L'applicazione prevede, inoltre, la possibilità di ulteriori espansioni, per acquisire dati da nuove fonti come piattaforme mobili, ecc.

Tutti questi dati derivano da diversi database e, quindi, sono presenti in diversi formati, diverse caratteristiche spazio-temporali e specifiche. Lo strumento si occupa di restituire i dati in un formato omogeneo e compatto. Il formato scelto per l'archiviazione, è il NetCDF versione 4. Questa scelta è derivata dal fatto che tale formato rappresenta oramai lo standard per la storage di dati geofisici.

Tale strumento, così come il software per l'analisi meteorologica descritto nel modulo A, è stato sviluppato per un utilizzo nell'ambito della catena modellistica WRF-CHIMERE, in quanto elabora e fornisce tutti i dati necessari al funzionamento del suddetto modello. In particolare, la restituzione dei dati nel formato NetCDF è necessaria in quanto è alla base del modello Chimere utilizzato nell'ambito del progetto.

1. Introduzione

La catena modellistica (WRF-CHIMERE) implementata nell'ambito del progetto richiede diversi tipi di dati per la simulazione di scenari di dispersione di inquinanti atmosferici. In particolare, il modello Chimere necessita di due tipi di dati di input: dati meteorologici (forniti dal modello meteorologico descritto nel modulo A) e dati di emissione per le condizioni iniziali e al contorno. Tutti questi dati vanno forniti su griglie regolari (lat/lon) e in formati determinati. In questo documento si illustrano le operazioni svolte per ottenere e trasformare nel formato necessario al modello Chimere i dati di emissione derivanti da banche dati pre-esistenti.

In questo progetto, a scopo dimostrativo, si è proceduto ad elaborare i dati di emissione EMEP nel formato richiesto dal modello Chimere. Il software descritto in questo documento necessita, come valore di input, dei dati presenti da alcuni inventari di emissione, e permette di ottenere gli stessi nel formato NetCDF-4 rispettando le specifiche richieste dal modello Chimere. I dati di output di questo software saranno, quindi, i dati di emissione provenienti da diverse fonti e diversi database, ma trasformati in un formato unico (per l'appunto il NetCDF-4) che farà da input per il modello Chimere. Il formato NetCDF è stato sviluppato dalla UNIDATA e utilizza una serie di funzioni per l'immagazzinamento di dati geofisici di interesse scientifico. La UNIDATA mette a disposizione anche una serie di tool per la gestione e l'analisi di questi dati.

2. Gli inventari di dati di emissione

2.1. L'attività dell'EMEP

Il programma di cooperazione per il monitoraggio e la valutazione del trasporto a larga scala degli inquinanti atmosferici in Europa (EMEP, www.emep.int) è finalizzato a facilitare la risoluzione dei problemi di inquinamento transfrontaliero attraverso la cooperazione internazionale sul monitoraggio e la modellazione della qualità dell'aria, la redazione di inventari delle emissioni e la loro proiezione al futuro e la valutazione integrata.

In generale, con il termine emissione si intende qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa introdotta nell'atmosfera da sorgenti antropiche o naturali che possano causare inquinamento atmosferico. In quest'ottica, nell'inventario sono stimate esclusivamente le emissioni primarie (inquinanti emessi tal quale e direttamente in atmosfera dalle sorgenti considerate) non sono tenuti in conto fenomeni diffusivi, trasporto e trasformazione degli inquinanti. Non sono pertanto considerate le componenti secondarie che si formano in atmosfera a seguito della trasformazione di alcuni inquinanti primari che in questo caso sono chiamati precursori. Occorre poter disporre di una raccolta sistematica dei dati relativi ai principali inquinanti, emessi su una base annuale, in una determinata area geografica, da attività e processi di origine sia antropica sia naturale.

L'expert panel dell'EMEP predispone la guida per la compilazione degli inventari delle emissioni. Ciascuno stato sottomette i propri dati secondo le direttive diramate e periodicamente aggiornate dall'EMEP.

I dati che vengono inviati dagli stati membri riguardano le categorie principali di inquinanti (CO, NH3, NMVOC, cioè Non-Methanic Volatile Organic Compounds, NOx e SOx), il particolato (PM2.5, PM10 e TSP, cioè Total Suspended Particulate), i metalli pesanti principali (Pb, Cd, e Hg), e i contaminati organici persistenti (POP) come le diossine, i furani, il benzopirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili (PCB) e altri solventi clorurati. Tali dati vengono organizzati su griglia e sono sottoposti ad un iter di controllo ed elaborazione. In particolare, sono previste due fasi di revisione che mirano a valutare:

- la completezza dei dataset inviati;
- la comparabilità del dataset rispetto a quelli equivalenti e sottomessi dallo stesso stato membro per la compilazione dell'inventario precedente.

Segue una fase di verifica della consistenza del dato: questi controlli mirano ad identificare eventuali buchi, salti e sbalzi improvvisi dei valori registrati nelle serie temporali al fine di individuare la presenza di errori di misurazione. In generale, le serie temporali con deviazione standard > 0.2 vengono segnate così come i singoli valori che, all'interno di una stessa serie temporale, hanno un valore residuo (differenza fra il valore previsto da meccanismi di regressione e il valore riportato stesso) più grande di 2.5 volte la deviazione standard calcolata per l'intera serie temporale.

Ulteriori controlli vengono eseguiti valutando la comparabilità dei dati tra stessi settori e attività che producono quel tipo di emissioni (trasporti stradali ed extrastradali, processi industriali, combustione industriale, combustione civile, emissioni biogeniche). Queste sorgenti costituiscono la maggior parte delle emissioni della regione Campania.

Una volta concluse le operazioni di controllo ed eventualmente ricostruzione di dati, si perviene alla formazione dell'inventario delle emissioni. Nel caso di dati grigliati, i dati vengono distribuiti su griglie con passo di 50 km nelle dimensioni orizzontali e che coprono l'intero territorio europeo. Un esempio è riportato in Figura 1.

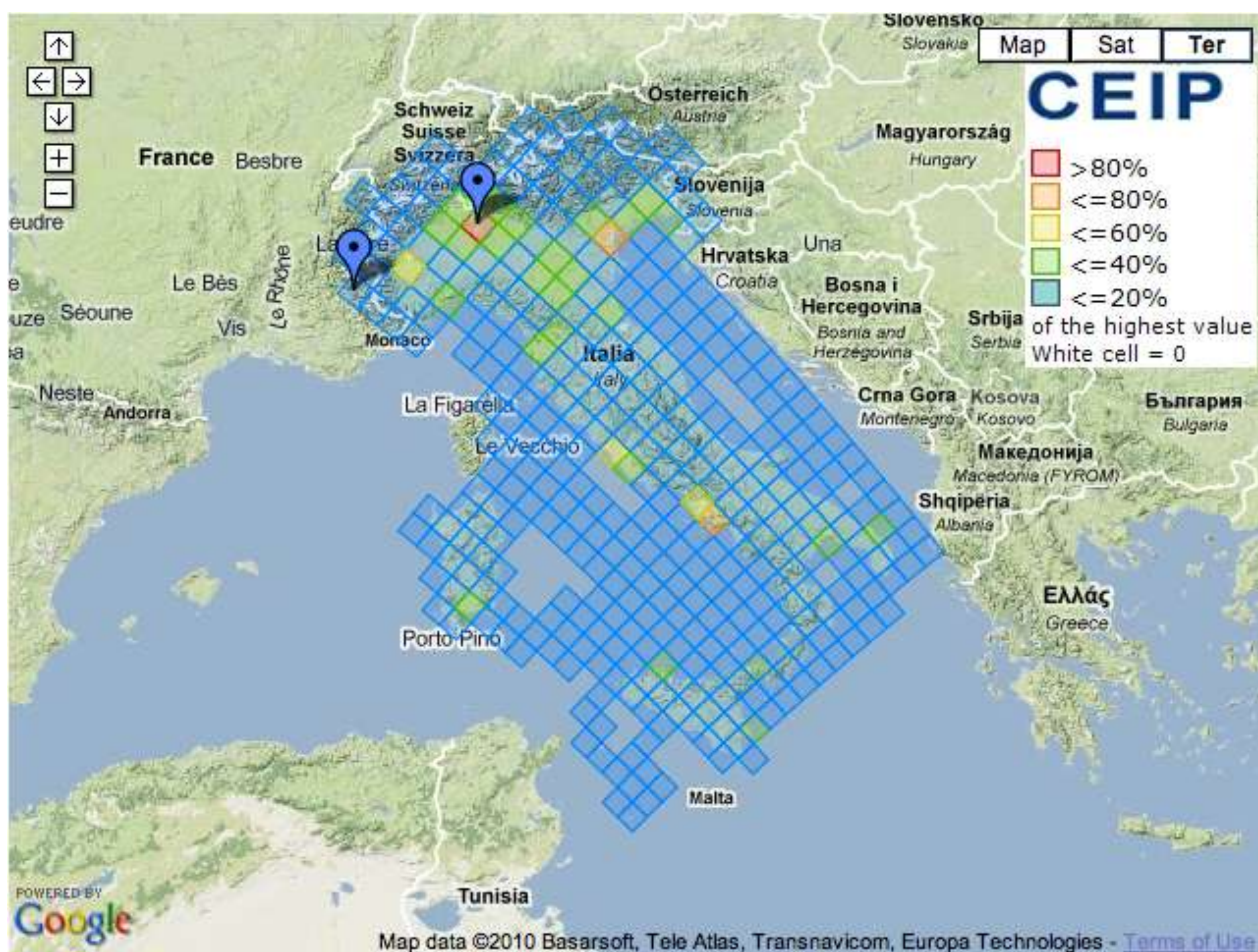


Figura 1: Esempio di dati di emissione EMEP: concentrazione di NOx, da tutte le fonti di emissione catalogate, sia antropogeniche che biogeniche, per l'anno 2007. Ciascun elemento di griglia copre un'area di 50 x 50 km.

2.2. L’attività del CTN-ACE

L’inventario di emissioni EMEP può essere arricchito di ulteriori dati provenienti da altre banche dati presenti sul territorio italiano nell’ambito del progetto CTN_ACE (Centro Tematico Nazionale Aria Clima ed Emissioni) promosso dall’ex APAT, ora ISPRA. Il nuovo inventario copre due aree italiane, il nord Italia (Bacino Padano Adriatico o BPA) e la quasi totalità dell’area peninsulare del centro-sud (bacino Mediterraneo). Alla realizzazione del dataset BPA hanno partecipato diverse ARPA regionali ed è stato progettato per alimentare modelli fotochimici euleriani tridimensionali (CTM) a griglia, i più complessi, ma anche i più adatti a studiare inquinanti secondari come ozono e PM10 in simulazioni di lungo periodo a scala regionale.

Il dataset emissivo è costituito dalle emissioni annuali di VOC, CO, NOx, NH3, SO2, PM10 per ogni cella di 5x5 km2 del dominio, dai profili di disaggregazione temporale delle emissioni e dai profili di speciazione chimica e distribuzione granulometrica dei VOC e del PM10. La procedura utilizzata per ottenere le emissioni su cella prevede l’iniziale disaggregazione delle emissioni presenti nell’Inventario Nazionale APAT disaggregato a livello provinciale e disponibili per attività o settore (R. De Lauretis e R. Liburdi: Rapporto APAT, pag. 53-62, 2004; E. Taurino, A. Caputo e R. De Lauretis: Rapporto APAT, pag. 191-203, 2004) e delle emissioni EMEP disponibili su grigliato da 50X50 km2, e la successiva riaggregazione per macrosettore. La disaggregazione su celle di grigliato è condotta associando ad ogni attività, settore o macrosettore una variabile di tipo geografico, quale la superficie relativa a particolari tipologie di uso del suolo, la lunghezza di strade, autostrade, ferrovie, metanodotti, coste. Alle emissioni provinciali per attività sono sottratte le emissioni attribuite agli impianti localizzati. Le emissioni risultanti, così come quelle EMEP, sono infine aggregate a livello di cella e macrosettore, sommando anche le emissioni degli impianti localizzati eventualmente presenti. Per ciascuna delle attività emissive presenti nei due bacini si costruiscono i profili di modulazione temporale mensile, giornaliero e orario.

Il set di profili temporali per macrosettore è ottenuto dalla media dei profili delle singole attività presenti nel bacino pesata con le rispettive emissioni. Le celle sono classificate su base altimetrica e suddivise in tre gruppi (pianura, collina, montagna) per tenere conto dell’influenza della temperatura, parametro fondamentale per esempio nelle emissioni da attività fotosintetica vegetale ed in quelle legate al riscaldamento domestico ed industriale. In maniera analoga, per ciascuna delle attività emissive presenti sono costruiti profili di speciazione chimica delle emissioni di NMVOC e del PM, nonché profili di distribuzione granulometrica del particolato. La speciazione chimica del PM10 è fornita per le frazioni granulometriche fine (< 2.5 µm) e coarse (< 10 µm). Il profilo per macrosettore è ottenuto come media dei profili delle attività pesata sulle rispettive emissioni. Analoga procedura è stata seguita per una più limitata indagine sulla distribuzione dell’ozono sull’ Italia Centrale da un gruppo di ricerca di Perugia (A.Laganà et al., in Gervasi et al.(Eds.): ICSSA 2009 , Part II, LNCS 5593, pp. 115-129,2009).

Il set complessivo è costituito da una serie di file in formato ASCII.

Nell’ambito del progetto si è provveduto a creare preventivamente una serie di programmi in Fortran che trasformano i dati di emissione in formato ASCII nel formato NetCDF, il formato di input richiesto dal modello Chimere. Questo cospicuo lavoro potrebbe essere utilizzato in un eventuale sviluppo del presente progetto, da mettere a disposizione di operatori con maggiore

esperienza professionale. Attualmente si è preferito seguire la più spedita procedura che consente di inserire I dati meteo e di emissione direttamente in Chimere, secondo quanto illustrato nell'Introduzione di questo Modulo.

Le principali caratteristiche del formato NetCDF sono invece descritte nella prossima sezione 3.

3. Formato di dati NetCDF

I dati di emissione utilizzati nell'ambito del progetto derivano da diversi database e, quindi, non hanno necessariamente lo stesso formato. Si è proceduto quindi a trasformare i dati nel formato NetCDF in modo da creare un database omogeneo.

Con l'acronimo NetCDF (network Common Data Form) si intende un formato di dati comunemente adottato nell'ambito delle scienze della terra e basato su un'efficiente immagazzinamento dei dati in array, cioè in vettori. Questo formato di file per l'immagazzinamento di dati scientifici è stato e continua ad essere sviluppato dalla UNIDATA, che mantiene e sviluppa anche diversi software necessari per la creazione e l'azione sui dati in formato NetCDF. Ulteriori informazioni sono presenti presso il sito http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/

I principali vantaggi del formato NetCDF sono i seguenti:

- Autodescrittivo: un file NetCDF include informazioni circa i dati che contiene;
- Portabile: un file NetCDF può essere interpretato su macchine a prescindere dal modo in cui queste trattano gli interi, i caratteri, e i numeri a virgola mobile;
- Scalabile: si può facilmente accedere ad un piccolo subset presente un file NetCDF, anche se quest'ultimo è di grosse dimensioni;
- "Appendable": nuovi dati possono essere aggiunti ad un file NetCDF preesistente senza dover ricreare il file di nuovo;
- Condivisibile: un utente può scrivere sul file mentre più utenti leggono lo stesso file NetCDF;
- Archiviabile: essendo un formato largamente condiviso ed in forte espansione, il mantenimento dei software sviluppati per la manipolazione di NetCDF permetterà di poter utilizzare file NetCDF creati con versioni precedenti del software.

Nel corso del ventennio intercorso dalla creazione del primo formato NetCDF sono state sviluppate diverse varianti. Per questo progetto è stata utilizzata la versione più aggiornata, il formato NetCDF-4.

La caratteristica di base della struttura del formato NetCDF è la rappresentazione dei dati mediante variabili, dimensioni ed attributi. Una variabile è un vettore multidimensionale i cui elementi sono tutti dello stesso tipo. Una variabile può anche avere attributi cui sono associati dei valori con un preciso nome. Ciascuna variabile ha una precisa struttura specificata mediante la dichiarazione delle dimensioni. Le variabili possono condividere le dimensioni come nel caso di variabili definite su una stessa griglia. Una delle dimensioni specificate per una variabile può essere di lunghezza indeterminata in modo che possono essere aggiunti continuamente dati.

Nella versione NetCDF-4, il file contiene come primo elemento nella gerarchia della struttura, un gruppo che non viene nominato. Ciascun gruppo può contenere una o più variabili, dimensioni, attributi, gruppi, e tipi. Una variabile è un array multidimensionale i cui elementi sono tutti dello stesso tipo. A differenza delle precedenti versioni del NetCDF, ci sono 12 diversi tipi di variabili e fino a 4 tipi specificabili dall'utente. Inoltre, più di una dimensione di una determinata variabile può essere di lunghezza indefinita in modo da aggiungere efficientemente nuovi valori.

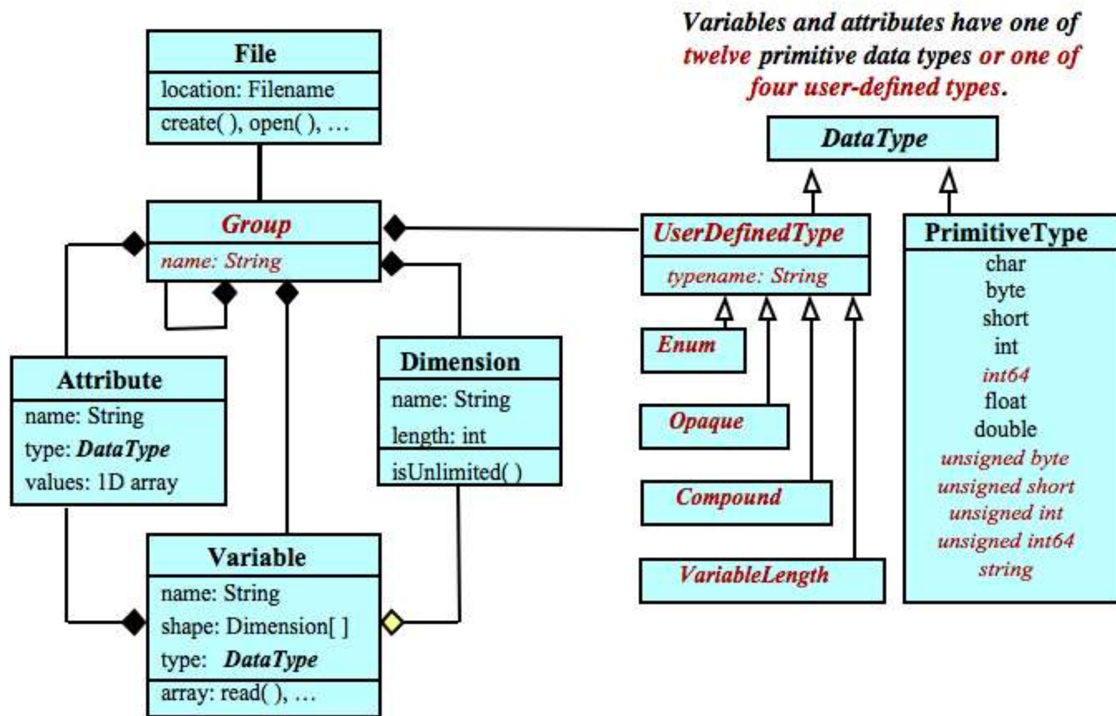


Figura 2: diagramma del modello di NetCDF utilizzato nella versione NetCDF-4;

Manuale Operativo Modulo 2

Introduzione

Il software di visualizzazione dei dati necessita, come valore di input, dei dati presenti negli inventari di emissione presenti nei database, e permette di ottenere gli stessi dati trasformati nel formato NetCDF rispettando le specifiche della versione più recente NetCDF-4. I dati di output di questo software saranno, quindi, i dati di emissione provenienti da diverse fonti e diversi database, ma trasformati e normalizzati in un formato unico (per l'appunto il NetCDF-4) che farà da input per il modello Chimere. Il formato NetCDF è stato sviluppato dalla UNIDATA e utilizza una serie di array per l'immagazzinamento dei dati scientifici. La UNIDATA mette a disposizione anche una serie di Tool per la gestione e l'analisi di questi dati.

Quick Start

Per utilizzare il software di normalizzazione, è possibile utilizzare uno script che automaticamente si occupa di compilare ed eseguire i diversi sorgenti (scritto in F90) e di ottenere l'output in formato NetCDF in maniera completamente automatica. Utilizzando tale script, la configurazione del software e delle variabili di ambiente è stata completamente automatizzata e inserita all'interno dell'ambiente di esecuzione in maniera tale da nascondere e semplificare l'utilizzo del software all'utente finale che deve semplicemente occuparsi di eseguire lo script.

Per poter eseguire lo script è necessario specificare il path completo in cui risiete lo script.
Quindi:

1) Dopo essersi loggati all'interno dell'ambiente, aprire il terminale cliccando dal menù a tendina **Applicazioni** -> **Accessori** -> **Terminale** oppure cliccando con il tasto destro del mouse sul desktop e poi su **Terminale**.

2) Dobbiamo controllare se siamo all'interno della cartella home dell'utente loggato. Digitare il comando "**pwd**" premere **Invio** per eseguire il comando e verificare che viene visualizzato un percorso del tipo **"/home/***NomeUtente*". Se non dovesse essere così si deve accedere al corretto percorso di partenza, digitare quindi "**cd /home/***NomeUtente*" e premere **Invio**.

3) Rinominare il file delle emissioni in *emep_anno.txt* es. emep_2010.txt

4) Aprire il file di emissioni con un qualsiasi editor di testo e inserire le prime 4 righe di commento, qualora non ci fossero già. Per commentare una riga inserire il simbolo # all'inizio di ciascuna riga. Il file, una volta modificato, dovrà avere la seguenti righe iniziali:

   # WebDab output on Tue Dec 14 16:16:16 2010
   # Format: ISO2;YEAR;SECTOR;POLLUTANT;i;j;UNIT;NUMBER/FLAG
   #
   #
   <*resto del documento*>
   DK;2010p;S1;CO;51;51;Mg;0
   DK;2010p;S2;CO;51;51;Mg;0
   Ecc…

5) Copiare il file delle emissioni nel relativo path, digitare quindi il seguente comando: "**cp /opt/mod2/emi2008b/emiSURF-2008/annual-EMEP/data_expert** *emep_anno.txt*" e premere **Invio**.

6) Per predisporre i dati all'elaborazione, è necessario effettuare una pre-elaborazione degli stessi, lanciando il comando *preproc*. Digitare quindi: "**./opt/mod2/emi2008b/emiSURF-2008/annual-EMEP/preproc.sh** *anno*" e premere **Invio**.

7) Adesso è possibile lanciare lo script specificando il path completo, quindi all'interno del terminale, digitare: "**./opt/mod2/chimere/emiCTN-200803/emis-surf.sh**" e premere **Invio**.

7) In alternativa al punto 7 di sopra, è possibile entrare prima nel path dell'applicazione e successivamente lanciare lo script. In tal caso, digitare: "**cd /opt/mod2/chimere/emiCTN-200803/**", premere **Invio** e successivamente digitare "**./emis-surf.sh**" e premere **Invio**.

L’applicazione andrà in esecuzione e farà tutto automaticamente. Per prima cosa viene mostrata a video l’intestazione della stessa:

“

```
-----------------------------------------------------------

emiCTN CHIMERE EMISSIONS PRE-PROCESSOR

Last update : March 2008

-----------------------------------------------------------
```

“

Ad ogni step verranno mostrate a video le operazioni che lo script sta eseguendo e l’esito delle stesse:

“

Creating correct compilation makefile
Domain coordinate file already existing:
/home/*NomeUtente*/chimere/V200709D/domains/HCOORD/COORD_FVG10
Create temporary work directory: FVG10-tmp
.. now in FVG10-tmp
creating output directory: /home/*NomeUtente*/chimere/BIGFILES/EMI_CTN

“

La prima riga è molto importante in quanto indica la corretta compilazione dei sorgenti. L’ultima riga indica invece il percorso finale degli output dell’applicazione, ovvero dei file NetCDF.
Successivamente:

“

```
=================================================
Working for BPA emissions data
-----------------------------------------------
Number of pollutants to treat:  7
Raw domain size:  100 x 84
Preparation of input for ctn2chimere ...
```

“

Indica che l’applicazione sta processando i dati di emissione e elaborando la conversione in formato NetCDF.

A questo punto lo script procede configurando l'ambiente di esecuzione e le variabili di ambiente mostrando a video "export ecc…"

Una volta elaborati i risultati, questi vengono scritti all'interno della cartella di output "**chimere/BIGFILES/EMI_CTN**".

A video viene mostrata la corretta avvenuta della scrittura dei risultati all'interno dei file specifici nella cartella di output:

"

> writing results to file: /home/*NomeUtente*/chimere/BIGFILES/EMI_CTN/EMISSIONS-FVG10.01.s.nc
> writing results to file: /home/*NomeUtente*/chimere/BIGFILES/EMI_CTN/EMISSIONS-FVG10.02.s.nc
> writing results to file: /home/*NomeUtente*/chimere/BIGFILES/EMI_CTN/EMISSIONS-FVG10.03.s.nc
Ecc…

"

Dopo la scrittura dei file di output, l'esecuzione è da considerare conclusa.
A questo punto, se non ci sono stati problemi e non vengono indicati errori, l'applicazione terminerà l'esecuzione e avrà fornito come output i dati di emissione in formato NetCDF.
Questi file NetCDF che saranno l'input del modello Chimere, vengono memorizzati all'interno della home dell'utente, nella cartella "**chimere/BIGFILES/EMI_CTN**" e hanno estensione "**nc**".
Per poter accedere ai file digitare "**cd /home/***NomeUtente***/chimere/BIGFILES/EMI_CTN**" premere **Invio** e, infine, digitando il comando "**ls**" può essere mostrati a schermo la lista dei file.

Admin Guide

Contenuto del Software - Creazione e gestione dell'archivio per i dati di emissione

Le function, gli script e i dati necessari al passaggio dai dati di emissione a quelli di input per il modello CHIMERE (formato NetCDF) sono organizzati in una cartella che contiene:

- la cartella *inputdata*, con i dati di emissione;

- un makefile;

- una cartella *src*, con le function che trasformano i dati;

- uno script shell, il file *emis-surf.sh*, che esegue in sequenza tutti i diversi comandi.

I dati scaricati del database CTN_ACE vengono suddivisi in 4 cartelle descritte di seguito e presenti nella cartella principale *inputdata*:

La cartella *space* contiene:

- Il file ***grids.bpa***: contiene la tabella che associa il numero identificativo di cella alle coordinate del suo baricentro per il bacino BPA. La numerazione delle celle parte dall'angolo sud-ovest del dominio. Il sistema di coordinate adottato e' UTM32.

- Il file ***grids.med***: come sopra, per il dominio meridionale.

- Il file ***emi.bpa***: contiene le emissioni degli inquinanti trattati per cella. Indice di riga e' il macrosettore, indi il numero di cella, indice di colonna e' l'inquinante. Le emissioni sono fornite in Mg/anno.

- Il file ***emi.med***: come sopra relativamente al bacino meridionale.

La cartella *time* contiene:

- il file ***tem_mm.bpa***: profili mensili di disaggregazione temporale. Indice di riga e' il macrosettore, indi il mese (da 1 a 12), indice di colonna e' l'inquinante. I profili sono tutti normalizzati ad 1. Il dominio e il bacino BPA.

- Il file ***tem_mm.med***: come sopra per il dominio meridionale.

- Il file ***tem_dd.bpa***: profili giornalieri di disaggregazione temporale. Indice di riga e' il macrosettore, indi il giorno (da 1 a 7), con la convenzione 1<->Lunedi'..7<->Domenica; indice di colonna e' l'inquinante. I profili sono tutti normalizzati ad 1. Il dominio e il bacino BPA.

- Il file ***tem_dd.med***: come sopra per il dominio meridionale.

- Il file ***tem_hh.bpa***: profili orari di disaggregazione temporale.

Indice di riga e' il macrosettore, indi l'ora (da 0 a 23), indice di colonna e' l'inquinante. I profili sono tutti normalizzati ad 1. Il dominio e il bacino BPA.

- Il file ***tem_hh.med***: come sopra per il dominio meridionale.

La cartella *gran* contiene:

- Il file ***gran.bpa***: tale file contiene la distribuzione granulometrica del particolato fine. Il primo valore dato e' la percentuale del PM10 speciato rispetto al totale del PM10. Le classi individuate sono due: (0,2.5]U(2.5,10] e corrispondono ai due successivi valori percentuali. Indice di riga e' il macrosettore (da 01 a 11). Il dominio e' il bacino BPA.

- Il file ***gran.med***: come sopra per il dominio meridionale.

La cartella *chem* contiene:

- Il file ***spec_voc.ace***: tale file contiene la tabella che associa il numero identificativo di specie alla specie chimica o specie-gruppo per i COVNM. La tabella vale per entrambi i domini.

- Il file ***spec_pm.ace***: tale file contiene la tabella che associa il numero identificativo di specie alla specie chimica o specie-gruppo per il particolato. La tabella vale per entrambi i domini.

- Il file ***chem_voc.bpa***: associa ad ogni macrosettore (da 01 a 11) le specie chimiche di COVNM presenti e la percentuale sul totale dei COVNM di ciascuna di esse per quel macrosettore. Per il primo blocco del file, indice di riga e' il macrosettore, indice di colonna il numero identificativo delle specie effettivamente presenti per quel macrosettore. Per il secondo blocco del file, indice di riga e' il macrosettore, indice di colonna la percentuale delle specie individuata nel primo blocco del file. Il dominio e' il bacino BPA.

- Il file ***chem_voc.med***: come sopra per il dominio meridionale.

- Il file ***chem_pm.bpa***: associa ad ogni macrosettore (da 01 a 11) le specie chimiche di PM presenti e la percentuale sul totale dei PM di ciascuna di esse per quel macrosettore. Per i primi due blocchi del file, indice di riga e' il macrosettore, indice di colonna il numero identificativo delle

specie effettivamente presenti per quel macrosettore. Per i blocchi successivi (3 e 4), indice di riga e' il macrosettore, indice di colonna la percentuale delle specie individuata nel primo blocco del file per le rispettive classi granulometriche. Il dominio e' il bacino BPA.

- Il file ***chem_pm.med***: come sopra per il dominio meridionale.

Infine, nella trasformazione di questi dati nel formato utile al modello CHIMERE, è necessario ripartire le diverse specie fornite dal CTN nelle classi di aggregazione che il modello CHIMERE utilizza. La base della matrice di aggregazione e' stata scaricata dal sito di CHIMERE insieme al pacchetto di interfaccia per le emissioni EMEP (http.//euler.lmd.polytechnique.fr/CHIMERE/).

Ottenuti i dati di emissione, è possibile lanciare lo script shell ***emis-surf.sh*** che manda sequenzialmente l'esecuzione delle function che eseguono le operazioni di conversione dei dati di emissione del CTN_ACE in dati per il modello CHIMERE.

In particolare, all'interno di questo script, la function principale è ***ctn2chimere.f90***, presente nella cartella *src*, che legge i dati di emissioni annuali CTN sulla griglia originale UTM32 e li rimappa sulla griglia del modello CHIMERE. Le coordinate del dominio implementato nel modello CHIMERE sono state ricavate in precedenza sempre all'interno dello script emis-surf.sh mediante un altro script shell ***makeCOORDdomains.sh***, che opera direttamente nelle cartelle contenente i file di configurazione dello CHIMERE.

Per funzionare, *ctn2chimere.f90* richiama due altre function, utm_tools.f90 e interp_tools.f90, anch'esse presenti nella cartella src. Ciascuna di queste function scritte in Fortran 90 richiede la compilazione; questa è effettuata lanciando il makefile che, come scritto in precedenza, è presente nella cartella principale e viene eseguito all'interno dello script principale emis-surf.sh.

Il risultato finale dello script è la creazione di file NetCDF, contenenti di dati di emissione su un dominio descritto in ***emis-surf.sh*** e coincidente con quello settato nel modello CHIMERE. I file NetCDF sono pronti per essere usati come input dal modello CHIMERE.

Configurazione delle variabili d'ambiente

La scelta di permettere l'esecuzione del software attraverso l'utilizzo di uno script di automazione, serve non solo a semplificare la procedura, ma anche a evitare all'utente di dover comprendere e effettuare tutta la procedura di esecuzione step per step. Senza tale script, l'utente dovrebbe prima compilare i sorgenti F90 del software tramite il makefile, poi dovrebbe configurare le variabili di ambiente e infine lanciare tutti i singoli sorgenti nella giusta successione specificando di volta in volta gli argomenti.

L'utilizzo dello script per eseguire il software è, quindi, più che consigliato per evitare problemi e inutili complicazioni.

Sebbene la configurazione dell'ambiente è stata completamente nascosta all'utente per la necessità applicativa di avere uno "strato di astrazione" standard di configurazione, è tuttavia possibile settare alcuni parametri per meglio personalizzare la propria applicazione. In particolare, prima di lanciare lo script shell ***emis-surf.sh***, utilizzando un qualsiasi editor di testo, è possibile accedere al sorgente dello script e modificare le seguenti variabili di ambiente:

" **export pdir=$HOME/chimere/emiCTN-200803** "

È la directory corrente in cui è presente lo script, va modificata nel caso in cui si decide di riposizionare lo script in una locazione diversa da quella predefinita.

" **export chimeredir=$HOME/chimere/V200709D** "

Indica il percorso in cui è presente il makefile del modello chimere da utilizzare.

" **export bigfiles=$HOME/chimere/BIGFILES** "

La directory in cui andare a scrivere l'output dell'esecuzione. All''interno di questo percorso verrà automaticamente creata la directory EMI_CTN in cui vengono scritti i file nc "Emission-" di output.

" **export dom=FVG10** "

Indica una flag che viene utilizzata per formare il nome del
file di output. Nel momento in cui si lancia CHIMERE, l'operatore avrà
l'accortezza di indicare al software in quale file si trovano i dati di emissione.
Il nome del file si forma secondo delle regole "automatiche" a partire
dal valore della variabile di ambiente "**dom**".

RELAZIONE GENERALE WP4

Come descritto nell'allegato D1 ("*Programma di ricerca*"), il Work-Packages 4 consiste nella Validazione del modello di qualità dell'aria ed è articolato nei seguenti Task:

1. **Task 4.1 → Scenari storici**
2. **Task 4.2 → Laboratorio mobile**
3. **Task 4.3 → Banca dati**
4. **Task 4.4 → Scenari realistici**

Il **Task 4.1** consiste nell'elaborazione di uno o più episodi di inquinamento accaduti in passato recente nell'area della Regione Campania, utilizzando una Banca Dati ottenuta dal Consorzio EMEP, oppure direttamente dal Consorzio ISPRA per la stima delle emissioni mensili nel corso dell'anno 2010. I dati di emissione EMEP, utilizzati in simulazioni condotte con la Catena WRF-EMEP-CHIMERE, contribuiranno alla elaborazione degli scenari storici di inquinamento e potranno essere confrontati con la raccolta delle serie temporali di concentrazione, misurate mediante centraline ARPAC. Questo database è stato, poi, implementato con misure dirette delle concentrazioni di inquinanti gassosi e particolato ottenute tramite l'utilizzo di un laboratorio mobile (**Task 4.2**). La banca dati, così ottenuta**, (Task 4.3)** ha permesso di validare il "*Modello di Qualità dell'aria*", dettagliatamente descritto nel **WP3**, il cui utilizzo ha reso possibile la simulazione di scenari realistici di inquinamento, riportati nel **Task 4.4**.

Pertanto il Task 4.2 è stato articolato in due fasi separate: una relativa alla rilevazione degli inquinanti gassosi, l'altra relativa alla rilevazione del particolato.

In entrambi i casi si è proceduto secondo due attività: lo studio della configurazione delle due piattaforme costituenti il laboratorio mobile, la loro installazione con la taratura e test.

Lo studio del tipo di piattaforma mobile ha individuato quelle più adeguate ed utili allo scopo nelle strumentazioni ETL-BUS per la misurazione degli inquinanti gassosi e DUSTSCAN per la misurazione delle polveri sottili.

WP4 –A1 – ALLEGATO A1 a WP4

INTRODUZIONE

L'importanza della possibilità di simulare scenari di inquinamento realistici è legata alla sempre crescente centralità del tema dell'inquinamento , soprattutto in Campania. Le discussioni sulle valutazioni delle conseguenze ambientali degli insediamenti di discariche, inceneritori e termovalorizzatori sono all'ordine del giorno, anche se difficilmente supportate da simulazioni a valutazioni tecniche puntuali. L'importanza del presente progetto, infatti, è dovuta proprio alla crescente esigenza non solo di conoscere uno scenario di inquinamento rilevato allo stato attuale, ma anche di valutare l'impatto ambientale prodotto da una qualsiasi fonte che si ha intenzione di inserire sul territorio. Questo è possibile con lo sviluppo di modelli di Qualità dell'aria, che tengano conto dei fenomeni di emissione, di trasporto, di trasformazione chimica e fotochimica e di ricaduta di inquinanti gassosi e di polveri fini di origine antropica, e che siano validati con opportune campagne di monitoraggio. Con tali modelli è possibile, conoscendo preventivamente lo scenario conseguente l'immissione della fonte d'inquinamento, portare avanti una pianificazione territoriale nel rispetto dell'ambiente.
I composti maggiormente responsabili dell'inquinamento dell'aria presi in considerazione sono:

- **Monossido di Carbonio (CO),**
- **Ossidi d'Azoto (NOx),**
- **Ozono (O3),**
- **Polveri di taglio PM10**

INQUINAMNTI GASSOSI

Il **MONOSSIDO DI CARBONIO** è un gas incolore, inodore, infiammabile e molto tossico, che si forma durante la combustione delle sostanze organiche, quando sono incomplete per mancanza di ossigeno. Il monossido di carbonio è fortemente diffuso soprattutto nelle aree urbane a causa dell'inquinamento prodotto dagli scarichi degli autoveicoli e dall'uso di combustibili fossili negli impianti industriali. Gli effetti sull'ambiente possono considerarsi trascurabili, mentre gli effetti sull'uomo sono particolarmente pericolosi. La quantità di monossido di carbonio che viene emesso dai processi di combustione che avvengono negli autoveicoli è circa 10 volte maggiore di quella

degli altri inquinanti. A seconda del regime di marcia la concentrazione usuale che si riscontra nei gas di scarico delle automobili varia fra il 3,5 e il 10 %. Le concentrazioni più elevate nei gas di scarico si riscontrano quando il motore funziona al minimo, a regimi più elevati la produzione di CO è nettamente inferiore. Per questo motivo le zone urbane dove il traffico procede a rilento e dove le fermate ai semafori sono frequenti, la concentrazione di CO può raggiungere punte particolarmente elevate. In atmosfera la concentrazione di fondo del monossido di carbonio è di 0,1 – 0,2 ppm nell'emisfero nord e di 0,04- 0,06 nell'emisfero sud, a dimostrazione dell'importanza del consumo di combustibili come fonte dell'inquinamento.
Altri importanti fonti di monossido di carbonio sono le centrali termoelettriche e gli impianti termici per il riscaldamento sia civile che industriale. Le quantità emesse sono comunque relativamente minori dato che nel corso della combustione in questi impianti vengono raggiunte temperature di fiamma più alte e si opera in eccesso di aria per migliorare le rese.

Gli **OSSIDI D'AZOTO**: pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi d'azoto, per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria si fa quasi esclusivamente riferimento al termine NOx, che stà ad indicare la somma pesata del monossido d'azoto (NO) e del biossido d'Azoto (NO2). L'ossido di Azoto (NO) è un gas incolore, insapore ed inodore, prodotto soprattutto nell'ambito dei processi di combustione ad alta temperatura assieme al biossido d'Azoto. Esso viene poi ossidato in atmosfera, dall'ossigeno o più rapidamente dall'Ozono producendo biossido d'azoto che ha una tossicità più elevata. Il Biossido d'Azoto è un gas tossico di colore giallo rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante, è un energico ossidante, quindi è molto reattivo e corrosivo. Il colore giallognolo delle foschie che ricoprono la città ad elevato traffico è dovuto soprattutto al biossido d'Azoto nella sua forma dimerica N204. La principale fonte antropogenica dell'Ossido d'Azoto è data dalle combustioni ad alta temperatura, come quelle che avvengono nei motori degli autoveicoli: l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione fra l'azoto dell'aria e l'ossigeno formando monossido d'azoto. La quantità prodotta è tanto più elevata quanto maggiore è la temperatura di combustione e quanto più veloce è il raffreddamento dei gas prodotti, che impedisce la ridecomposizione in ossigeno ed azoto. In generale i motori diesel emettono più ossidi d'azoto e particolati (nerofumo) rispetto ai motori a scoppio a benzina.
L'adozione sempre più diffusa di macchine con motori a benzina verde e convertitori catalitici, così come di macchine con motori a combustione di GPL, metano o ibride ha decisamente ridotto le emissioni di particolato, di monossido di carbonio e di residui incombusti di idrocarburi. Altri importanti fonti di ossidi di azoto sono le centrali termoelettriche e gli impianti termici industriali, nei quali comunque vengono raggiunte temperature di fiamma molto alte.

L' **OZONO** : è un gas tossico di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno, queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare ed un atomo d'ossigeno particolarmente reattivo. Per queste sue caratteristiche l'ozono è un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici ed ossidare il vapor d'acqua formando alla fine pericolosi radicali. L'ozono è presente prevalentemente nella stratosfera dove viene prodotto dall'ossigeno molecolare e dai raggi ultravioletti solari più energetici. A sua volta però l'ozono va a costituire una fascia protettiva nei confronti delle radiazioni UV più pericolose generate dal sole. L'ozono si forma anche nella troposfera dove è presente a basse concentrazioni e dove rappresenta un inquinante secondario particolarmente insidioso. Nella troposfera l'ozono viene prodotto principalmente nel corso di varie reazioni chimiche in presenza della luce solare UV, ai limiti del visibile, a partire da un inquinante primario quale per l'appunto il bissido d'azoto NO2 (questo infatti viene foto scisso formando NO e un atomo di ossigeno molto reattivo). Quindi l'ossigeno atomico eccitato reagisce con l'ossigeno molecolare dando luogo appunto all'ozono (O3).
Quindi la produzione antropica dell'Ozono è indiretta dato che esso viene prodotto a partire da inquinanti primari. Per estensione si può quindi affermare che le principali sorgenti antropogeniche risultano essere quelle che liberano gli inquinanti precursori e cioè il traffico automobilistico, i processi di combustione, l'evaporazione dei carburanti, i solventi, ecc.

Il **BENZENE**: è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale, a temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore che evapora molto velocemente. La pericolosità principale del benzene è che esso è una sostanza cancerogena e anche brevi esposizioni ad alte concentrazioni possono provocare gravi effetti. Il traffico veicolare è la principale fonte d'inquinamento da benzene in aree urbane, infatti circa il 95% del benzene deriva dai gas di scarico degli automezzi a benzina, mentre il restante 5% deriva dalle emissioni dovute all'evaporazione del benzene presente nel serbatoio e nel carburatore o da miscele disolventi.

Il PARTICOLATO ATMOSFERICO:

Il particolato è costituito dall'insieme di particelle molto piccole (liquide, solide, aerosol) presenti in atmosfera da sole o come componenti dell'areosol (che contiene componenti liquide di varia natura: residui di combustibili, solventi, goccioline di acqua marina salata). Le particelle solide si

presentano eterogenee per dimensione, origine, composizione e proprietà. Quelle di dimensioni più piccole si indicano anche come polveri sottili e fini.

Il particolato è tradizionalmente suddiviso nelle due frazioni costituenti dette frazione di polveri grossolane (o frazione *coarse*) e frazione di polveri fini (*fine particles*); le differenze tra queste due frazioni sono notevoli, sia per quanto riguarda la composizione sia per i danni che arrecano all'uomo.

Nell'ambito della frazione fine si distinguono, sempre in base al diametro delle polveri che lo compongono, le frazioni $PM_{2.5}$ e PM_{10}; in particolare:

- **il PM_{10}** include le particelle aventi diametro compreso tra 0.005 μm e 10 μm
- **il $PM_{2.5}$** include le particelle aventi diametro compreso tra 0.005 μm e 2.5 μm

Ulteriori frazioni vengono indicate con PM_4 (intermedia fra le due precedenti) con $PM_{1,0}$ e $PM_{0,1}$. Queste ultime richiedono la messa a punto di tecniche spettroscopiche ancora allo studio.

Le polveri grossolane possono essere sia di origine antropica che naturale: in genere si formano a causa di processi meccanici quali la disgregazione di minerali, l'erosione dei suoli e della superficie terrestre da parte di agenti meteorologici, eruzioni vulcaniche etc.

Oltre che da materiali della crosta terrestre (ossidi di calcio, alluminio, magnesio e ferro, silice e silicati) più finemente suddivisi, il PM_{10} può essere costituito anche da materiali organici (pollini, spore e detriti animali) e da altri componenti come i nitrati di clorio, solfati, di ammonio e di potassio, provenienti dalla disidratazione dell'areosol marino.

Mentre la frazione PM_{10} del particolato è costituita da una frazione non trascurabile di origine naturale, il $PM_{2.5}$ (e le frazioni ultrafini come il PM_1) sono quasi esclusivamente di origine antropica, la loro formazione è da imputare cioè prevalentemente all'attività dell'uomo. Le particelle fini sono infatti generate da processi di combustione (combustione di gasoli e benzine per autotrazione, attività industriali, riscaldamento domestico etc.) oltre che da altre sorgenti secondarie quali emissioni di solventi, spray o fumi degli alimenti cucinati. Come per il *coarse*, anche la frazione fine è formata da una grande varietà di costituenti; in particolare sono predominanti: carbonio elementare (nerofumo),che trasporta in forma adsorbiti composti organici derivati da combustione e processi di cottura (tra cui gli IPA, idrocarburi policilci aromatici detti anche PAH, ad azione altamente cancerogena, come i PCB, PoliCloroBifenili, le PCDD e i PCDF, PoliCloroDibenzoDiossine e PoliCloroDibenzoFunari) nonché cluster (granuli) di atomi metallici (ad es. Sali di ferro, rame, cadmio, piombo, nichel ma anche Sali di ammonio e potassio.

Ovviamente alcune di queste sostanze possono subire trasformazioni, per cui spesso si ricorre alla suddivisione del PM in primario e secondario a seconda, appunto, di un processo di aggregazione o dell'avvenuta trasformazione chimica che dipende dalla presenza di altri gas reattivi (ad es. ozono),

dalle condizioni atmosferiche, dalla radiazione solare e dall'umidità relativa. A differenza del PM_{10}, i cui livelli nell'atmosfera sono ormai costantemente monitorati, solo di recente la comunità scientifica ha cominciato a porsi il problema dello studio sistematico della frazione fine del particolato, che in definitiva rappresenta quella più insidiosa per la salute dell'uomo, sia perché la frazione $PM_{2.5}$ costituisce circa il 60% in peso del PM_{10}, sia perché, date le sue ridotte dimensioni, riesce a superare le barriere naturali dell'apparato respiratorio, rilasciando in questo modo sostanze molto dannose direttamente negli alveoli polmonari, cioè in prossimità dell'ambiente dove avvengono scambi tra sangue e gas. La dimensione delle polveri ha un' importanza fondamentale nella valutazione della loro pericolosità per la nostra salute: infatti, a seconda della granulometria, le particelle hanno un diverso grado di penetrazione all'interno dell'apparato respiratorio

La pericolosità del $PM_{2.5}$ è legata oltre che alla sua composizione e alle dimensioni ridotte, anche al tempo di permanenza in atmosfera: le particelle più fini possono rimanere sospese per molti giorni e venire trasportate per centinaia o migliaia di chilometri anche dai più modesti movimenti dell'aria. Il principale processo di rimozione delle particelle fini è legato alle precipitazioni; tuttavia, se da una parte le piogge sottraggono polveri all'aria, dall'altra la presenza di ioni solfati e nitrati nelle particelle disciolte provoca l'acidificazione della pioggia con conseguenze negative dal punto di vista ecologico e della conservazione dei beni monumentali e del patrimonio costruito.

La mancanza di dati relativi al $PM_{2.5}$ è imputabile oltre che ai tardivi studi in merito, anche e soprattutto ai problemi pratici che si riscontrano nella sua misurazione: studi comparativi incrociati condotti in vari paesi dell' UE hanno messo in evidenza notevoli differenze tra i risultati dei campionatori manuali di $PM_{2.5}$, con scarti di ±30 %.

I motivi di queste differenze sono complessi e possono così riassumersi:

- difetti del filtro, ad es. perdite per evaporazione durante il campionamento;
- difetti del dispositivo di separazione granulometrica;
- difetti dovuti alla configurazione del sistema di campionamento, ad es. deposito di particelle nel tubo di campionamento (specie in caso di tubi lunghi o ricurvi).

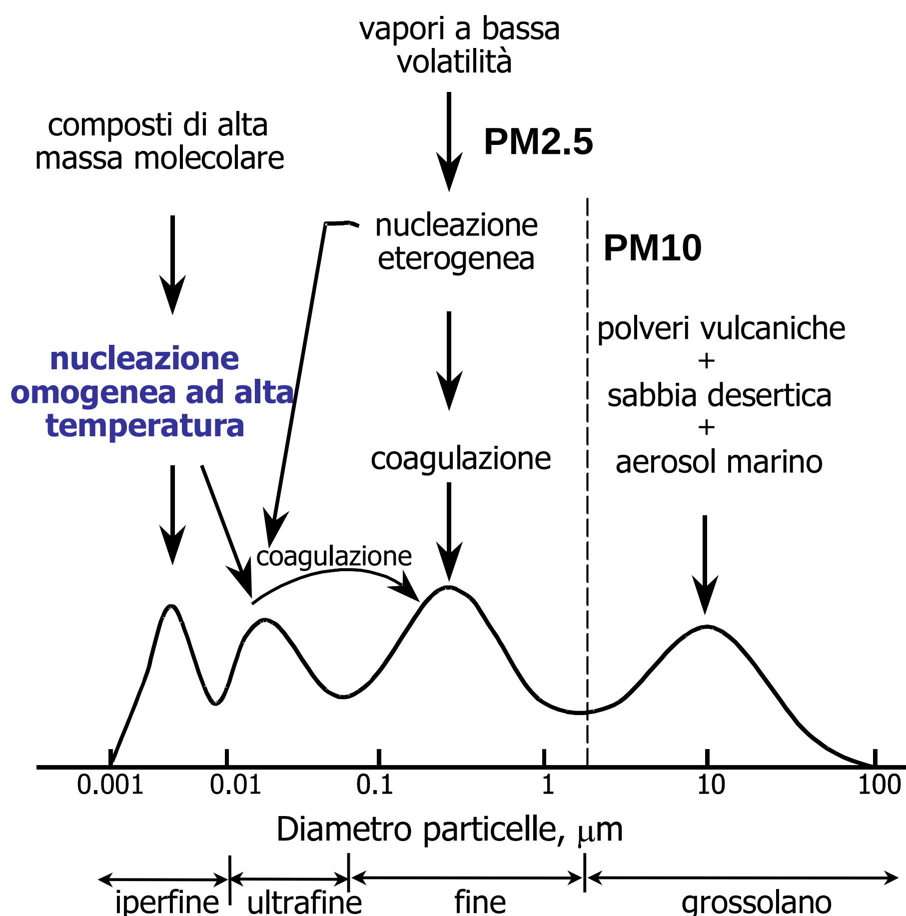
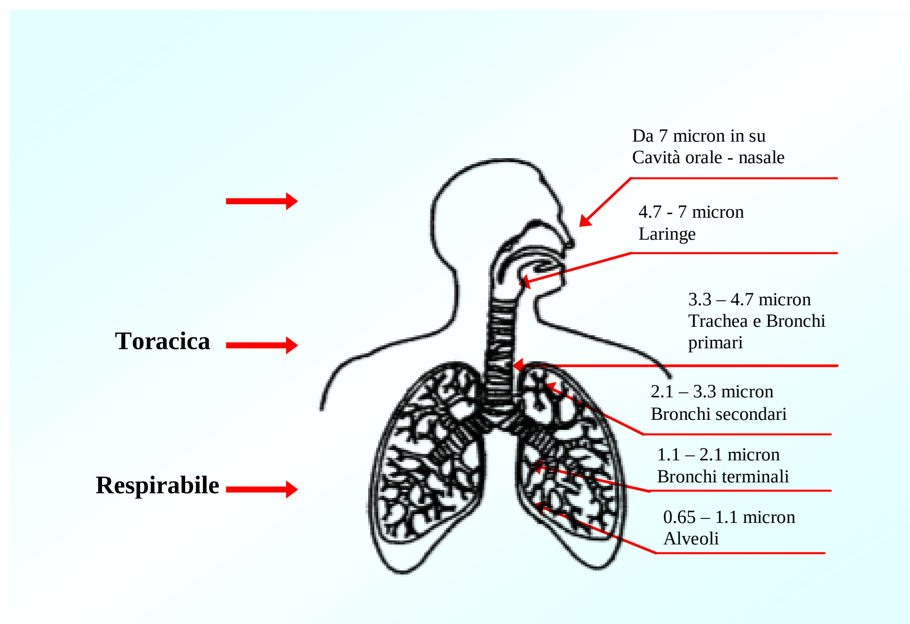


Figura ---

Per quanto riguarda i ***limiti di legge***, per le concentrazioni di PM_{10} in Italia si fa riferimento al **DM 60/02** che stabilisce per la protezione della salute umana, due valori limite nell'aria urbana :

1) la concentrazione media annua di **40** μg/m^3;
2) la concentrazione giornaliera di **50** μg/m^3 da non superare più di 35 volte l'anno.

A tali limiti vengono applicati dei margini di tolleranza (+8 μg/m^3 per il limite annuo e +25 μg/m^3 per quello giornaliero) che a partire dal 1° gennaio 2001 devono essere ridotti in maniera lineare ogni anno. Entro il 1° Gennaio 2010 il valore limite annuale dovrà essere di 20 μg/m^3, mentre i valori limite di concentrazione giornaliera di 40 μg/m^3 non potranno essere superati per più di 7 volte all'anno.



Livello di penetrazione delle diverse granulometrie di particolato nell'apparato respiratorio

WP4-1_Relazione generale Task 4.1 Scenari storici

Scopo del Task 4.1:

Nell'ambito del **Work Package WP4** scopo del **Task 4.1** è quello di ricostruire uno o più episodi di inquinamento accaduti in un passato recente nell'area della regione Campania, utilizzando una simulazione condotta con la Catena **WRF-EMEP-CHIMERE (Task 4.4).**

I dati di emissione EMEP per l'Italia e la Regione Campania fino al 2007 sono raccolti su di un supporto informatico (Allegato WP4-1_A2_).

Questi dati sono stati resi disponibili dal Consorzio ISPRA (ex ANPA) come medie annuali, sotto forma di Tabelle e Istogrammi per un numero cospicuo di inquinanti gassosi (SO_x, NO_x, NH_3, CO, NMVOC - idrocarburi totali non metanici) e di articolato PM_{10} e $PM_{2.5}$; inoltre sono disponibili i dati relativi ai metalli pesanti (Pb, Cd, Hg) e ai composti organici persistenti (POP) che sono tossici e/o cancerogeni, cioè idrocarburi policiclici aromatici (PAH), diossine, esaclorobenzene (HCB), policlorobifenili (PCB). All'occorrenza sono disponibili, in un differente Annuario, i dati disaggregati per provincia.

Gli stessi dati con aggiornamenti successivi sono scaricabili direttamente dal sito EMEP per l'Italia e per molti Paesi europei ed extra europei, eventualmente divisi per settore di emissione (traffico, industria, etc,),

Le rappresentazioni di questi dati sotto forma **di Trends annuali fino al 2008** pe**r** ciascuna delle sostanze citate sono riportate nella **Banca Dati** (**Allegato WP4-1_A3_).** Nella stessa **Banca Dati sono riportate,** per poter visualizzare più immediatamente la situazione italiana al 2010. anche le **Mappe sintetiche** dell'inquinamento nelle griglie 0.5° x 0.5° (proiezione di Mercatore) e nelle griglie 50 x 50 km.

Per poter stimare più in dettaglio la situazione della Regione Campania dai dati di emissione utilizzati da EMEP, viene presentata , a titolo esemplificativo, una limitata **Banca Dati** (**Allegato WP4-1_A4_)** sulle emissioni locali, costituita da **Tabelle di emissioni mensili a scala regionale**.

Le emissioni annuali totali nazionali sono state estratte dall'Inventario Nazionale 1990-2007 curato dal Consorzio ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – ex ANPA) ed estrapolate fino al 2009 e al 2010 per ciascuno dei principali inquinanti (CO, NO_x, SO_x, NH_3, PM_{10}, NMCOV etc.). Sono state quindi preparate delle tabelle di valori mensili per le emissioni per la Regione Campania, tenendo conto del peso relativo rispetto alle emissioni nazionali per ciascun anno. I dati mensili sono stati quindi estrapolati con una procedura non lineare a tutto il 2009 e 2010 e infine corrette, mediante fattori stimati per le differenze mensili e stagionali.

Sarebbe possibile valutare le emissioni a scala provinciale estrapolando i dati i dati 1990-2005 del

Consorzio ISPRA (preparati per la collaborazione con EMEP). Si potrebbe quindi estrapolarle, con la stessa procedura, valutare più in dettaglio le emissioni 2010 per ciascuna delle 5Province campane. Inoltre è possibile estrapolare le tendenze, settore per settore fino al 2010, non solo per ciascuno dei principali inquinanti (CO, NO_x, SO_x, NH_3, PM_{10}, COV etc.), ma anche per altri inquinanti meno volatili (mercurio e altri metalli pesanti, diossine etc.).
Si noti che la Regione Campania non ha messo in rete in passato i dati relativi alle polveri ($PM_{2.5}$). Questa possibilità è stata lasciata aperta per futuri sviluppi.

Nota bene: i dati giornalieri occorrenti per la simulazione secondo la catena **WRF-EMEP-CHIMERE** sono reperibili sotto forma di file numerici da importare direttamente secondo le procedure illustrate nel **WP3** (vedi anche il successivo **Task WP4-4**).

Gli Output della Catena **WRF-EMEP-CHIMERE** si possono confrontare con una serie di dati di concentrazioni misurate per alcuni inquinanti gassosi e polveri sottili, ottenute da varie fonti.
Si possono utilizzare:

1) Dati dalle Centraline fisse ARPAC della Regione Campania:
   la disponibilità di questi dati dipende dalle reali determinazione effettuate nei vari giorni dell'anno: per quel che riguarda le centraline fisse ARPAC la disponibilità attuale in rete è estesa a tutto il 2010.
2) Dati limitati ottenuti, anche in località distanti dai siti delle Cantraline fisse, da campagne condotte dai Borsisti del Progetto stesso (Dipartimento di Chimica della Università Federico II) in collaborazione con personale e strumentazione della CERTITEC (vedi **Allegati al Task 4.3).**

Allegati:

WP4-1_A2_ Banca dati emissioni italiane e per la Campania fino al 2007 (dal Consorzio ISPRA/EMEP).

WP4-1_A3_ Banca dati emissioni totali per l'Italia sotto forma di Trends annuali per ciascun inquinante e di Mappe di emissione sintetiche nelle due griglie 0.5° x 0.5° (proiezione di Mercatore) e 50 x 50 km.

WP4-1_A4_ Banca dati emissioni italiane (dal Consorzio ISPRA) e emissioni mensili stimate con dei fattori differenziali stagionali per la Campania per il 2009 e il 2010

WP4-2 Relazione Generale Task 4.2: Laboratorio Mobile

PREMESSA

Il **Task 4.2** come già riportato nella Relazione Generale è articolato in due fasi separate: una relativa alla rilevazione degli inquinanti gassosi attraverso la strumentazione ETLBUS e l'altra relativa alla rilevazione delle polveri sottili attraverso la strumentazione DUSTSCAN.

Il Laboratorio mobile è stato allestito in due versioni, una con installazione su furgone per raggiungere in breve tempo siti del territorio urbano e regionale ed un'altra su installazione in versione portatile, seppure non di limitatissime dimensioni, per l'utilizzo in luoghi non raggiungibili attraverso furgone ad es. terrazzi.

Il laboratorio mobile inoltre è stato utilizzato in due modalità per entrambe le serie di misure:

1) il furgone è stato posizionato in varie località della Regione Campania e sono stati determinati i dati per un tempo limitato (indagine rapida a campione);
2) il furgone è stato utilizzato per trasportare le strumentazioni in posizioni prefissate e in condizioni di protezione garantita per rilievi di più lunga durata (alcune ore o diversi giorni).

Il Task 4.2 è stato quindi articolato in due attività:

1) ***Configurazione strumenti*** **(Allegato WP4-2_A5_)**
2) ***Installazione e Testing strumenti*** **(Allegato WP4-2_A6)**

La scelta della strumentazione ottimale da utilizzare è stata dettata dalla necessità di monitorare i composti maggiormente responsabili dell'inquinamento, al fine di validare i modelli di Qualità dell'aria. Questi modelli tengono conto dei fenomeni di emissione, di trasporto, di trasformazione chimica e fotochimica e di ricaduta di inquinanti gassosi e di polveri fini di origine antropica.

La strumentazione d'analisi è stata scelta in modo da garantire due esigenze fondamentali:

- Semplicità di trasporto: per rispondere all'esigenza di dover monitorare in poco tempo diversi siti del territorio urbano e regionale.
- Possibilità di effettuare le analisi in vari punti che coprano il più uniformemente possibile il territorio oggetto di studio e che permettano valutazioni, in termini di inquinamento atmosferico, sull'incidenza di alcuni parametri, dal traffico veicolare al riscaldamento civile, dal traffico ferroviario, a quello aeroportuale, ma anche delle attività industriali presenti nelle periferie cittadine o decentrate rispetto agli assi stradali.

La scelta della strumentazione ottimale da utilizzare è stata inoltre dettata dalla necessità di monitorare essenzialmente i composti maggiormente responsabili dell'inquinamento dell'aria, al fine di validare i modelli di Qualità dell'aria. Questi modelli tengono conto dei fenomeni di emissione, di trasporto, di trasformazione chimica e fotochimica e di ricaduta di inquinanti gassosi e

di polveri fini di origine antropica. Tali composti sono il monossido di carbonio (CO), gli ossidi d'azoto (NOx), l'ozono (O3) e le polveri PM10.

Per far fronte a queste esigenze come già premesso si è scelto di effettuare il monitoraggio con un laboratorio mobile d'analisi, costituito da un furgone fornito dalla CERTITEC sul quale sono state istallate due stazioni: una stazione multiparamentrica, l'***ETL-BUS della UNITEC***, di proprietà della Società CERTITEC, in grado di effettuare in continuo le analisi.

Un analizzatore in continuo **DUST SCAN Sentinel della R&P**, di proprietà del Dipartimento di Chimica della Università Federico II per l'analisi del particolato PM_{10}.

Questa ultima strumentazione, per le sue dimensioni ridotte, è semplice da collocare e ha a sua volta una sua alimentazione completamente autonoma che consente di effettuare analisi sia direttamente a livello stradale che su terrazze o balconate.

Per sviluppare la banca dati delle misure d'inquinamento storiche (**Task 4.3**) sono state utilizzati i dati disponibili, raccolti dalle centraline fisse dell'ARPAC, implementati da quelli delle varia campagne di misura condotte con le stazioni mobili utilizzate in questo progetto:

per le rilevazioni con la strumentazione ETLBUS dalla società CERTITEC e per le rilevazioni con strumentazione DUSTSCAN della società SISTEMA SERVIZI CONSULTING con la collaborazione dell'Università FEDERICO II

La descrizione dettagliata delle strumentazioni utilizzate e della relativa ***"configurazione"*** è riportata nella relazione: **Allegato WP4-2_A5_.**

La descrizione delle attività svolte in merito alla ***"installazione"*** ed al ***"testing"*** delle stesse è riportata nella relazione: **Allegato WP4-2_A6_.**

E' allegata anche la tabella di taratura per il DUSTSCAN ottenuta con gli impattatori differenziali TECORA: (**Allegato WP4-2_A6_.bis).**

WP4-2_A5_Configurazione del Laboratorio Mobile

Descrizione della strumentazione di analisi

PREMESSO che le strumentazioni utilizzate in questo progetto non sono le uniche esistenti in commercio esistendo altre, di prestazioni anche superiori, ma più costose e di maggiore ingombro e scarsa trasportabilità con un furgone, la scelta è pertanto ricaduta su strumentazioni agili e di dimensioni limitate, già attive nel settore e già utilizzate dalla Università FEDERICO II e dalle società CERTITEC e SISTEMA SERVIZI CONSULTING anche se in versioni e con modalità diverse.

Per far fronte a queste esigenze si è quindi scelto di effettuare il monitoraggio con il supporto di un laboratorio mobile, costituito da un furgone, sul quale è stata installata una stazione multiparamentrica, l'***ETL-BUS della UNITEC***, di proprietà della Società CERTITEC, in grado di effettuare in continuo le analisi del:

- **Monossido di Carbonio (CO),**
- **Ossidi d'Azoto (NO_x),**
- **Ozono (O_3),**

e in contemporanea di misurare

- **Temperatura,**
- **Umidità relativa,**

e all'occasione l'inquinamento sonoro.

La scelta operata consente di spostare agevolmente il laboratorio, che è munito di batteria quindi può effettuare l'analisi senza necessariamente collegarsi all'alimentazione elettrica. Inoltre, come mostrato nella figura 1, il sistema di prelievo consente di campionare aria a circa 1,5 m dal fondo stradale.



Figura WP4 -2/1 – Laboratorio mobile

Per l’analisi del particolato PM_{10} e $PM_{2.5}$ è stato utilizzato l’analizzatore in continuo **DUST SCAN Sentinel della R&P**, di proprietà del Dipartimento di Chimica della Università Federico II. Questa strumentazione, come già detto per le sue dimensioni ridotte, è semplice da collocare e ha a sua volta una sua alimentazione completamente autonoma che consente di effettuare analisi sia direttamente a livello stradale che su terrazze o balconate. La misura si basa sul principio del Light Scattering (Diffusione di luce monocromatica) e fornisce misure in tempo reale. Pertanto tale analizzatore è la soluzione ideale per fornire informazioni sui trend di concentrazione di particolato in aria.

CARATTERISTICHE TECNICHE:DELLA STRUMENTAZIONE DI ANALISI

Stazione di rilevazione multiparametrica ETL-BUS

L'ETL-BUS della UNITEC S.r.l. è una stazione Multiparametrica che rileva in continuo la concentrazione d'inquinanti in aria. Esso si basa sull'utilizzo di sensori sviluppati con tecnologia a "*film spesso*" per la misura in continuo di CO, NO_2, O_3, oltre a temperatura, umidità relativa e rumore. Questo principio di misura permette analisi sufficientemente accurate in aria ambiente con campi di misura paragonabili a quelli di analizzatori di gas che si basano su principi di misura convenzionali (chemiluminescenza, fluorescenza pulsata, ecc.), ma offrendo tutta una serie di vantaggi.



Figura WP4 -2/2 – Apparecchiatura ETL per l'analisi di inquinanti volatili

Infatti dato il suo ridotto ingombro e la facilità d'installazione l'ETL-BUS può essere utilizzato su molti più punti rispetto a quanto si possa fare con le centraline fisse, può essere utilizzato per effettuare una mappatura capillare del territorio; pertanto è uno strumento validissimo in fase d'indagine preliminare per individuare le aree a più elevato rischio d'inquinamento in cui posizionare successivamente le Centraline fisse oppure, come in questo caso, come strumento integrativo per le reti di monitoraggio convenzionali.

L'ETLBUS, infatti, è conforme alla diretiva europea 99/30/CE come dispositivo di misurazione per la valutazione preliminare della qualità dell'aria.

I sensori utilizzano una tecnica di misura definita a “film spesso”, che sarà di seguito più dettagliatamente descritta, e non sono assolutamente da confondere con i sensori elettrochimici. Sono differenti a seconda del parametro da monitorare, in particolare, si adoperano, per:

- *CO, NO_2, O_3:* sensori a stato solido ottenuti con la tecnologia del film spesso.
- *Umidità relativa*: sensore capacitativo costituito da polimeri termostatati che interagiscono con elettrodi di platino.
- *Temperatura*: sensore ad alta precisione su circuito integrato.
- *Rumore:* fonometro in classe 1 con capsula capacitativi omnidirezionale,con misura totale del rumore in dB.

I campi di misura in cui è possibile lavorare sono i seguenti:

- **CO → 0 – 100 mg/m^3** (limite di rilevabilità pari a 0.1 mg/m^3)
- **NO_2 → 0 – 1000 µg/m^3**
- **O_3 → 0 – 500 µg/m^3** (limite di rilevabilità pari a 20 µg/ m3)
- **Temperatura aria → - 40 °C + 80 °C**
- **Umidità relativa → 0 – 100 %**
- **Rumore → 45 – 105 dB**

Le caratteristiche tecniche dei sensori a film spesso si possono così riassumere e rappresentare schematicamente nelle tabelle seguenti:

Campo di misura	CO	NOx	Ozono

	0…100 mg/m3	0…1000 µg/m31 0...532 ppb	30...500 µg/m3
Rumore di fondo	**CO**	**NOx**	**Ozono**
	+0,1% f.s.	+0,1% f.s.	0,1% f.s.
Equivalenti di interferenza	**CO**	**NOx**	**Ozono**
	1 ppm SO2 - 0,2 su 25 mg/m3 di CO	1 ppm di SO2 < 0,2 su 115 ppb di NOX	1 ppm di SO2 assente su 600 ppb di O3
Limite di rilevabilità	**CO**	**NOx**	**Ozono**
	0,1 mg/m3	2 ppb	20 µg/m3
Deriva nel tempo	**CO**	**NOx**	**Ozono**
	< 2%/semestre	< 2%/semestre	< 2%/trimestre
Precisione	**CO**	**NOx**	**Ozono**
	2%	2%	< 10%

La configurazione scelta per questo progetto prevede le misure dei seguenti paramentri:

- **Monossido di Carbonio (CO),**
- **Ossidi d’Azoto (NO_x),**
- **Ozono (O_3),**
- **Temperatura,**
- **Umidità relativa.**

ed all’occasione livello sonoro

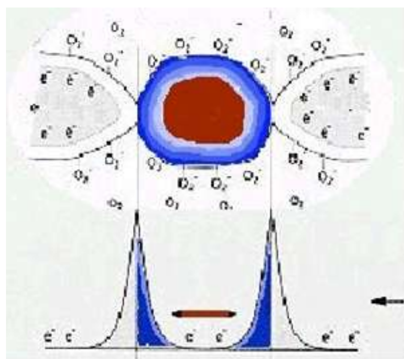
La scelta di monitorare tali parametri è stata effettuata in base a delle specifiche finalità di seguito riportate:

- *CO :* la rapidità di risposta e la sua corrispondenza con il livello di inquinamento ne fanno uno dei parametri fondamentali di inquinamento da traffico rallentato;

- NO_x *:* identifica la formazione dello “smog fotochimico” che porta alla formazione di ozono
- O_3 *:* è il principale indicatore della presenza di “smog fotochimico”.
- *Temperatura:* identifica le eventuali difficoltà di traffico legate al parametro, (es. sotto i +3°C segnalazione di eventuali tratti ghiacciati);
- *Umidità:* identifica un periodo di secco intenso o una piovosità con pericolo di limitazione del traffico (oltre ad essere una tendenza di cambiamento delle condizioni meteo);

Principio di Funzionamento

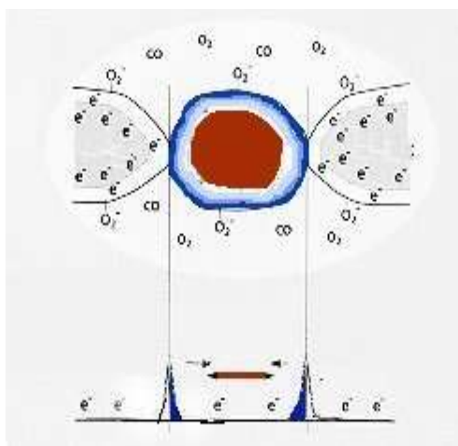
Un sensore è il risultato di un processo di preparazione di un film sensibile a base di ossidi semiconduttori. Il fenomeno che sta alla base del suo funzionamento è l’adsorbimento sulla superficie di ioni ossigeno che reagiscono con i gas inquinanti presenti in atmosfera.



Adsorbimento dell’Ossigeno sulla superficie ed effetto sui bordi di grano

Quando un semiconduttore a base di ossidi metallici di tipo n (conduzione per elettroni) viene portato a una certa temperatura, l’ossigeno presente nell’atmosfera viene adsorbito in forma ionica sulla sua superficie. Gli elettroni in banda di conduzione dei suddetti semiconduttori vengono trasferiti dalla zona superficiale all’ossigeno adsorbito, con il risultato di creare una zona di svuotamento in prossimità della superficie.

Si genera un potenziale superficiale che agisce come una barriera in grado di ostacolare il flusso elettronico fra i grani. In presenza di gas riducenti, la densità superficiale dell’ossigeno caricato negativamente diminuisce; in tal modo l’altezza della barriera al contatto dei grani si abbassa, come si evidenzia nella figura accanto.



La ridotta altezza di barriera diminuisce la resistenza del sensore (sempre per un semiconduttore di tipo n) che a livello macroscopico viene poi rilevata e misurata da opportuni elementi circuitali.

In presenza invece di gas ossidanti la reazione porta a una diminuzione degli elettroni liberi e a un aumento della barriera di potenziale e quindi della resistenza del sensore. Nel caso di semiconduttori di tipo p il comportamento può essere descritto in maniera analoga tenendo conto che in tal caso i portatori maggioritari di carica sono le lacune.

ANALIZZATORE DI PARTICOLATO DUSTSCAN SENTINEL – MODEL 3030

(Rupprecht & Patashnick co, Inc.)

Caratteristiche tecniche

Principio di misura:	light scattering
Sorgente luce:	laser 3 mW (670 nm)
Flusso di campionamento:	2 L/min
Teste di campionamento:	PM 2.5 - PM 10 - TSP
Tubo di campionamento:	lunghezza=30.5 cm, (1 m; 2 m opzionali)
	diametro= 1.27 cm
Velocità acquisizione dati:	1 dato/sec
Memoria dati:	25.000 dati (data e ora inclusi)
Intervalli valori mediati:	1, 10, 30, 60 min
Ranger operativi:	0-0.5 / 0-1 / 0-10 / 0-100 mg/m3
Risoluzione a display:	0.001 mg/m3
Incertezza della isura:	0.002 mg/m3 (0-0.5 e 0-1 range)
	0.010 mg/m3 (0-10 range)
	0.100 mg/m3 (0-100 range)
Temperatura di esercizio:	-15 - + 60 °C
Alimentazione:	100-240 VAC, 50/60 Hz
Consumo:	200 mA (con flusso 2 l/min)
Dimensioni:	31.8 x 28.6 x 16.5 cm (H x W x D)
	Altezza tubo campionamento: 30.5 cm
Peso totale:	con batterie ad alta capacità (4.3 kg)

Figura   WP4 - 2/3

Strumento DUST SCAN nella configurazione da campo aperto per accedere direttamente alla lettura dei dati o chiuso per protezione verso le intemperie.

Principio di Funzionamento

Lo strumento utilizzato per effettuare i campionamenti è il DustScan (Scout Aerosol Monitor) abbreviato i DUSCAN, un analizzatore in continuo di polveri di dimensioni ridotte, il cui metodo di misura si basa sul principio del *light scattering*, (diffusione della luce): il flusso di aria campionato, con una portata di 2 l/min, passa attraverso la testa di campionamento dell'analizzatore, costituita alternativamente da un filtro selezionatore per il PM_{10} o da uno per il $PM_{2.5}$. Dopo il passaggio attraverso la testa di campionamento, il flusso d'aria entra nella camera di rilevamento delle particelle in cui sono installati, ortogonalmente l'uno all'altro, una sorgente luminosa laser (670 nm) ed il corrispondente sistema di ricezione, costituito da un sensore ottico. L'analizzatore misura la quantità di luce dispersa a 90°, a causa delle particelle presenti nella camera di misura, e che è direttamente proporzionale alla concentrazione delle particelle stesse. La sorgente di luce ed il sistema di ricezione sono protetti da eventuali contaminazioni mediante un' operazione di pulizia realizzata con aria filtrata (modalità PURGE); è inoltre prevista una procedura automatica (modalità ZERO) che consente di tracciare la linea di calibrazione del sistema. Le modalità PURGE e ZERO vengono effettuate all'accensione dello strumento e ripetute automaticamente ogni 15 minuti ed hanno una durata di circa 30 secondi; durante questo intervallo il monitor mantiene in memoria l'ultimo valore di concentrazione registrato fino a quando non riprende la misura. Inoltre, è possibile effettuare una calibrazione manuale dello strumento mediante le procedure di *span calibration* e di *zero calibration:* la prima deve essere effettuata almeno una volta alla settimana, in modo da

consentire un corretto funzionamento dello strumento, mentre la seconda va effettuata quando il monitor è esposto a notevoli sbalzi di temperatura.

Durante la procedura di *zero calibration* viene tracciata la linea di base per tutti i possibili intervalli di misura; lo strumento infatti può lavorare in 4 diversi *range*:

1. 0-0.5 mg/m^3 (risoluzione 0.001 mg/m^3; incertezza sulla misura 0.002 mg/m^3)
2. 0-1 mg/m^3 (risoluzione 0.001 mg/m^3; incertezza sulla misura 0.002 mg/m^3)
3. 0-10 mg/m^3 (risoluzione 0.01 mg/m^3; incertezza sulla misura 0.010 mg/m^3)
4. 0-100 mg/m^3 (risoluzione 0.1 mg/m^3; incertezza sulla misura 0.100 mg/m^3)

L'intervallo di misure che è stato utilizzato per effettuare i campionamenti è 0-0.5 mg/m^3, con un'accuratezza di $\pm 10\%$ e una precisione sulla singola misura di 0.002 mg/m^3. L'errore associato alle medie calcolate è stato invece riportato come deviazione standard.

Per quanto riguarda le modalità di acquisizione dei dati, è possibile selezionare intervalli diversi di registrazione: ogni 2, 10, 30 secondi o 1, 5, 10, 30 minuti, memorizzando fino a 25000 dati. Sul display è possibile leggere il valore di concentrazione che lo strumento sta misurando in quell'istante.

Durante la campagna di misura la calibrazione manuale dello strumento è stata eseguita ogni tre giorni utilizzando la procedura indicata dai fornitori. Per la registrazione dei dati è stata scelta una risoluzione di 30 sec.

WP4-2_A6_ Installazione e Testing del Laboratorio Mobile

La fase di installazione delle apparecchiature (**DUSTSCAN** - per la raccolta dati relativi alle polveri PM_{10} - ed **ETL-BUS**- in grado di effettuare in continuo le analisi di inquinanti gassosi come **CO, NO_x, ecc.**) per l'allestimento del laboratorio mobile ha avuto inizio, subito dopo lo studio della configurazione, soprattutto per quanto riguarda la strumentazione DUSTSCAN.

DUSTSCAN

INSTALLAZIONE

Si è deciso di definire, fin quasi da subito, dopo una prima revisione del programma di ricerca, la configurazione della strumentazione DUTSCAN predisponendo l'installazione all'interno del camioncino in modo che non subisse urti durante il trasporto concludendo l'operazione di installazione nello stesso mese di Dicembre 2009.

TESTING

Il testing dell'apparecchiatura DUSTSCAN è consistito in una serie di rilevazioni di dati che confermassero la corretta taratura dello strumento ed ha avuto, a seguito di molteplici tentativi, esito positivo nel mese di dicembre 2009 e successiva conferma nei mesi di gennaio, febbraio e ottobre 2010 confrontando i dati con quelli di due differenti impattatori differenziali del tipo TECORA messi a disposizione rispettivamente dal Dipartimento di Scienze Ambientali della Seconda Università di Napoli e dal Dipartimento di Chimica dell'Università FEDERICO II.
Si riportano, di seguito, i tabulati delle misure di PM_{10} effettuate rispettivamente a Caserta e a Monte Sant'Angelo con i due impattatori, confrontate con i valori rilevati e mediati sullo stesso periodo con il DUSTSCAN. (Allegato WP4-2_A6_bis).

ETL-BUS

INSTALLAZIONE

L'installazione dell'ETL-BUS è consistita nel montaggio delle sue componenti. In particolare:

A) Modem Gsm-Gps
B) Antenna Gsm-Gps
C) Tubo di prelievo
D) Batteria di corrente

A. Modem GSM-GPS:

Innanzitutto è stato necessario fissare il Modem GSM-GPS alla relativa piastra di sostegno con una fascetta in modo da impedirne lo sganciamento accidentale (Fig.1).



Figura 3

Successivamente, si è dovuto verificare che i due led (verde e giallo) si accendessero sul modem al momento dell'accensione per poi lampeggiare simultaneamente in condizione di stand-by. Se avesse lampeggiato solo il verde e quello giallo fosse rimasto spento, il modem sarebbe allora risultato agganciato alla rete GSM ma non al satellite GPS.



Figura 4

B. Antenna GSM-GPS:

L’antenna fornita a corredo dello strumento ha la doppia funzione di antenna GSM e di antenna di localizzazione GPS. Per questo motivo durante il posizionamento della stessa è stato necessario installarla in posizione orizzontale e non coperta dalla struttura del veicolo. Si è scelto, pertanto, di posizionarla tetto della stessa.

C. Tubo di prelievo:

Al fine di evitare sovrapressioni all’interno dello strumento, è stato necessario disporre il tubo di campionamento dell’aria rivolto nel senso opposto rispetto a quello di marcia del veicolo.

D. Batteria di alimentazione:

Le attrezzature di cui sopra sono state, inoltre, collegate ad **Batteria di alimentazione da** 12 V, installata per garantire l’alimentazione in continuo delle stesse.

Per la maggiore durata della fase di installazione della strumentazione il primo test sull'ETL-BUS è stato eseguito a Giugno 2010 ed ha avuto esito negativo. Pertanto, a seguito di una serie di tentativi di taratura con la UNITEC (casa produttrice dell'ETL-BUS), effettuate nel mese di Luglio 2010, si è riscontrata la necessità di inviare l'apparecchiatura alla sede UNITEC di Ferrara per eseguire operazioni di rettifica e taratura della stessa. È stato, pertanto, effettuato lo smontaggio della stessa nel mese di Luglio.

A seguito della chiusura per ferie estive delle aziende, l'invio è stato attuato nel mese di Settembre 2010. Sono state quindi effettuate, dalla UNITEC, operazioni di verifica dell'attrezzatura, di sostituzione delle componenti danneggiate, di taratura dell'Hardware e di aggiornamento del Software ed è stato, inoltre, installato il rilevatore GPS. L'ETL è stato pertanto rispedito dalla società UNITEC alla CERTITEC alla fine del mese di Ottobre.

L'Installazione e il Testing e taratura del DUSTSCAN sono stati condotti insieme alla SISTEMA SERVIZI CONSULTING dai Borsisti del Dipartimento di Chimica, Dott.ri Ida Duro e Luigi Varriale con la direzione del Prof. Guido Barone.

L'Installazione e il Testing e taratura dell' ETL-BUS è stato effettuato dalla società CERTITEC con la collaborazione della SISTEMA SERVIZI CONSULTING. e con l'assistenza delle ditte ORION ed UNITEC.

WP4-2_A6bis Tabella Taratura DUST SCANN

Strumento	**PM_{10} $\mu g/m^3$**	**Strumento**	**PM_{10} $\mu g/m^3$**	**Coefficiente taratura**	**Periodo**
Tecora SUN a Caserta	17,6	DUSTSCAN a Caserta	21,4	1,2	26/01/20010 01/02/2010
Tecora DipChim a M.S.Angelo	10,1	DUSTSCAN a M.S.Angelo	11,5	1,1	14/10/2010 18/10/2010

Coefficiente medio di taratura 1,15: Accettato e utilizzato nel prosiego del Progetto ITM4:
I valori di **PM_{10}** misurati con DUST SCAN debbono quindi essere ridotti per un fattore **1,15 $\mu g/m^3$**..

WP4-3_ Relazione Generale Task 4.3

I dati di concentrazione in output ottenuti dalla Catena **WRF-EMEP-CHIMERE,** contribuiranno alla elaborazione degli scenari storici di inquinamento e potranno essere confrontati con la raccolta delle serie temporali di concentrazioni, misurate dalle centraline ARPAC e raccolte in una Banca Dati **(Allegato WP4-3_A7_)** . Questo database è stato poi implementato (**Allegati WP4-3_ A8_ e WP4-3_A9_)** con misure dirette delle concentrazioni di particolato e inquinanti gassosi, ottenute tramite l'utilizzo del laboratorio mobile (**Task 4.2**).

Sono state realizzate due tipi di campagne: una con postazione ETL-BUS per misurare gli inquinamenti gassosi ed una postazione DUSTSCAN per misurare le polveri.

Tali campagne sono state realizzate per entrambe le postazioni attraverso un calendario che prendesse in considerazione il clima estivo-autunnale-invernale e primaverile (all. A9 bis.)

Attraverso le rilevazioni e le elaborazioni eseguite con il laboratorio mobile nel TASK 4.3 sono state create dalla CERTITEC e dalla SISTEMA SERVIZI CONSULTING una banca dati (D8) per le polveri ed una banca dati (D9) per gli inquinanti gassosi complementari da affiancare a quella dei dati rilevati continuamente dalla rete di centraline fisse. Tali banche dati sono state analizzate dalla SISTEMA SERVIZI CONSULTING ed elaborate con hardware e software del laboratorio mobile o su postazioni fisse per produrre output (tabelle, grafici, ecc.) di studio e di analisi da parte dei ricercatori sullo stato di inquinamento al momento.

Il territorio su cui sono state effettuate le rilevazioni è stato concentrato nelle aree della Provincia di Napoli, Provincia di Caserta e Provincia di Benevento, suddividendolo in zone in funzione degli insediamenti abitativi, produttivi e di maggiore traffico (all. A9 ter).

La banca dati completa, così ottenuta, ha permesso di validare il "*Modello di Qualità dell'aria*", dettagliatamente descritto nel WP3, il cui utilizzo ha reso possibile la simulazione di scenari realistici di inquinamento, riportati nel **Task 4.4**.

WP4-3_A7_Allegato Banca dati misurati dalle Centraline ARPAC per giorni selezionati, alcuni consecutivi, per i mesi da gennaio 2010 a gennaio2011.

WP4 -3_ A8_Allegato (Cartella Campagne di misure DUSTSCAN (Tabelle delle medie e delle medie corrette /periodo orario e dati di Pressioni, Temperature e Umidità relativa/ Raccolta dei grafici delle misure).

WP4-3_A9_Allegato (Cartella Campagne di taratura e misure ETL-BUS (Tabella della calibrazioni/ Tabelle delle medie e delle medie corrette /periodo orario e grafici di Pressioni, Temperature e Umidità relativa/ Raccolta dei grafici delle misure). (*in atto)*

Per valutare la qualità dell'aria nell'ambiente si tiene conto delle linee guida riportate nella tabella:

Qualità Ottima	
NO_2	Da 30 a 50 μg/ m^3
PM_{10}	Da 15 a 30 μg/ m^3
CO	< 5 mg/m^3
O_3	< 60 μg /m^3

Qualità Discreta	
NO_2	Da 50 a 80 μg/m^3
PM_{10}	Da 30 a 50 μg/m^3
CO	Da 5 a 8 mg/m^3
O_3	Da 60 a 90 μg/m^3

Inquadramento Normativo

Con il DM 60 del 2 aprile 2002 vengono recepite sia la direttiva 1999/30/CE concernente i valori limite per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, le polveri ed il piombo che la direttiva 2000/69/CE per il benzene ed il monossido di carbonio. Il DM 60/02 definisce per gli inquinanti normati i valori limite ed i margini di tolleranza, e le soglie da non superare per un numero stabilito di giornate all'anno (per PM_{10} ed NO_2).

Nessuna indicazione viene data dalla normativa vigente per le polveri a dimensione inferiore al PM_{10}, se non quella di considerare come valori accettabili gli stessi previsti per la frazione a dimensione maggiore.

I parametri di riferimento per la concentrazione di O_3 e per il rumore sono stati estratti rispettivamente dalla Direttiva Comunitaria 92/72/CEE e dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14/11/97.

Rispetto al rumore la normativa discrimina i siti in relazione alle caratteristiche di uso e di abitazione distinguendoli in 6 classi; il sito ospitante la Delfino S.p.A. corrisponde ad un sito di classe VI (aree esclusivamente industriali) i cui valori di riferimento sono riportati in Tabella 2 assieme ai limiti previsti per le altre sostanze.

Tabella 2. Standard di riferimento per la qualità dell'aria.

Inquinante	Periodo di	Valore	Normativa di

	mediazione		**riferimento**
PM_{10} **(µg/m³)**	Anno 24 ore	40 50	DM 60/2002
SO_2 **(µg/m³)**	1 ora 24 ore	350 125	DM 60/2002
NO_2 **(µg/m³)**	Anno 1 ora	50 250	DM 60/2002
Benzene **(µg/m³)**	Anno	10*	DM 60/2002
CO **(mg/m³)**	Media otto ore	10	DM 60/2002
O_3 **(µg/m³)**	Media oraria	180 (attenzione) 240 (allarme)	Dir 92/72/CEE
Rumore **dB**	Media oraria	70 (diurno) 70 (notturno)	DPCM 14/11/97

(*) il valore limite del benzene a partire dal 2005 deve decrescere di 1 µg/m³ ogni anno fino al 2010

Campagna di Misure

L'indagine è stata condotta in modo da analizzare le concentrazioni degli inquinanti (da gas e da polveri) in una serie di siti distribuiti sul territorio regionale.

Questa **campagna di monitoraggio** si è sviluppata nel periodo compreso tra Luglio 2010 Aprile 2011 (secondo il calendario A-9 bis di seguito riportato). Ad essa hanno prese parte attiva oltre che i Borsisti del Dipartimento di Chimica coinvolti nel progetto, le società CERTITEC e SISTEMA SERVIZI CONSULTING sotto la guida e il coordinamento del Prof. Guido Barone e dell'ing. Michele Gallo.

La rete di rilevazione è riportata nell'allegato A9-ter insieme alla planimetria delle postazioni riportate nell'all. A9-Quater.

Per ciascun sito investigato con strumentazione DUSTSCAN sono riportati le temperature iniziali e finali dell'intervallo di misura, le rispettive umidità relative, le pressioni atmosferiche, gli orari di inizio e fine della misura e infine i valori medi sperimentali del PM_{10} e i rispettivi valori corretti in base alla taratura dello strumento.

Per i siti investigati con strumentazione ETLBUS sono riportate le concentrazioni di CO, NOX, O3, T, UM.

Negli allegati A8 e A12 sono riportati dati, tabelle e grafici delle rilevazioni effettuate con attrezzatura DUSTSCAN relative rispettivamente alle campagne dei task WP4 e WP5.

Negli allegati A9 e A13 sono riportati dati, tabelle e grafici delle rilevazioni effettuate con attrezzatura ETLBUS, relative rispettivamente alle campagne dei task WP4 e WP5.

Infine negli allegati A7 e A14 sono riportate le rilevazioni effettuate dalle centraline ARPAC.

A9 bis CALENDARIO RILEVAZIONI LABORATORIO MOBILE

TASK	CLIMA	POSTAZIONE DUSTSCAN	POSTAZIONE ETLBUS
4.3	Estivo	22-23-26 luglio 2010 22-23-24 settembre 2010	
	Autunnale		24-25-26 novembre 2010
	Invernale	16-18-19-21 dicembre 2010 dal 27 al 31 dicembre 2010 dal 1 al 7 gennaio 2011	12-13-17 gennaio 2011 20-21-22 gennaio 2011 24-25-26-28 gennaio 2011 dal 1 al 4 febbraio 2011 dal 5 all'11 febbraio 2011
	semi-primaverile		8-9 marzo 2011 24-25-26 marzo 2011 dall'1 all'8 aprile 2011 12-20-26 aprile 2011
5.3	primaverile	dal 2 al 6 maggio 2011 dal 9 al 13 maggio 2011 dal 16 al 23 maggio 2011	dal 2 al 6 maggio 2011 dal 9 al 13 maggio 2011 dal 16 al 23 maggio 2011 dal 27 al 301 maggio 2011
	estivo		8 giugno 2011 21-22 giugno 2011 dal 30 giugno al 4 luglio 2011 dal 5 al 12 luglio 2011

A9 (ter) - <u>RETE DI RILEVAZIONE (LABORATORIO MOBILE)</u>

STAZIONE ETLBUS

- **NAPOLI - CITTA'**
  - NAPOLI-OVEST
    - Zona residenziale: POSILLIPO
    - Zona traffico: Via CONSALVO, P.zzale TECCHIO (Fuorigrotta)
    - Zona tangenziale: MONTE S.ANGELO
    - Bagnoli
    - Monte s. Angelo
  - NAPOLI - NORD
    - Zona collinare:
    - Via COLLI AMINEI, Ospedali MONALDI-COTUGNO
  - NAPOLI – EST
    - Zona uffici: CENTRO DIREZIONALE

- **PROVINCIA DI NAPOLI**
  - RACCORDO AUTOSTRADALE – NOLA
  - RACCORDO AUTOSTRADALE – NAPOLI NORD

- **PROVINCIA DI CASERTA**
  - RACCORDO AUTOSTRADALE – S. NICOLA LA STRADA
  - CAPUA – Zona Industriale

STAZIONE DUTSCAN

- NAPOLI – CITTA’

- NAPOLI-OVEST
  - Zona residenziale: POSILLIPO
  - BAGNOLI (Città della Scienza, Arenile)

- NAPOLI - NORD
  - Zona collinare -via Nicolardi
  - Camaldoli (EREMO, INPS, via Guantai)
  - Orsolona a S. Croce

- NAPOLI – EST
  - Zona industriale (Poggioreale)
    - Via STADERA
    - Via del MACELLO
    - Via De ROBERTO
    - Via S. M. del PIANTO
    - Via A. da Salerno

VOMERO
- Zona traffico: P.zza QUATTRO GIORNATE

- PROVINCIA DI NAPOLI

- ACERRA – Zona Industriale

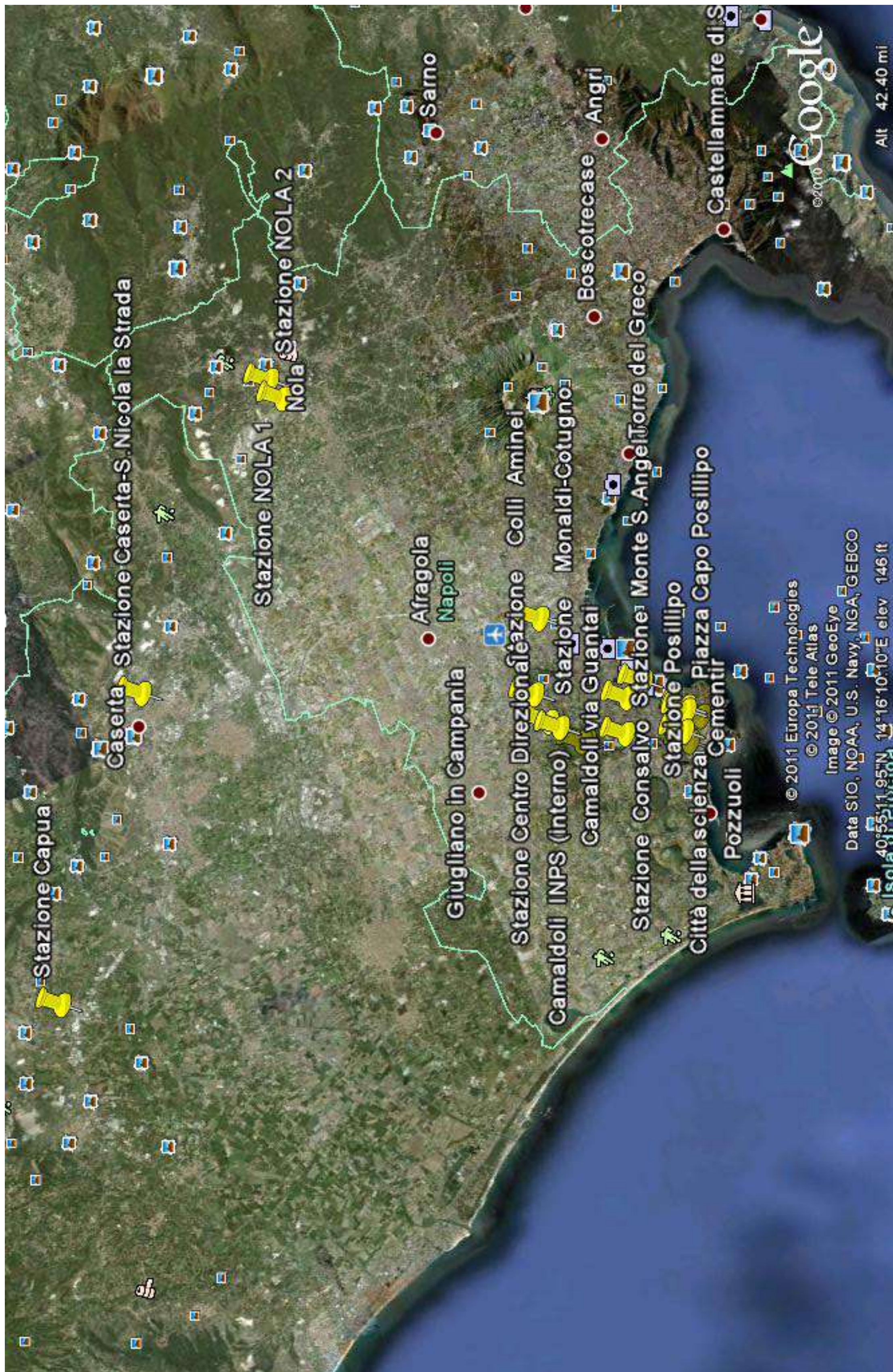
- PROVINCIA DI CASERTA

- CANCELLO SCALO

- PROVINCIA DI BENEVENTO

- BENEVENTO CITTA’ (P.zza Risorgimento)
- MONTESARCHIO- Zona industriale
- MONTESARCHIO- Discarica 3 ponti
- MONTESARCHIO- Variante Via Napoli
- MONTESARCHIO- Via Vitulanese

A9 – QUATER PLANIMETRIA POSTAZIONI



WP4-4_ Relazione Generale Task 4.4

Scenari realistici: primo confronto tra scenari ottenuti con calcolo parallelo e dati misurati dalle Centraline ARPAC (I Parte) e tra queste e le rilevazioni misurate dal laboratorio mobile attrezzato con il DUST SCANN ed ETL BUS (II Parte).

I PARTE

INTRODUZIONE.

Sono stati prodotti degli scenari mediante le elaborazioni della catena WRF-EMEP-CHIMERE relative alla diffusione di particolato PM_{10} , monossido di carbonio (CO), (che essendo poco reattivo può simulare un tracciante), monossido di azoto (NO), ozono (O_3) e biossido di azoto (NO_2): quest'ultimo è invece il prodotto eminentemente reattivo delle combustioni. Esso dà luogo ad una cascata di reazioni fotochimiche e chimiche: viene infatti fotoscisso dalla radiazione solare, al limite tra UV e visibile e nel vicino ultravioletto (310 – 420 nm) dando luogo ad NO e ossigeno atomico, che reagendo a sua volta con l'ossigeno molecolare (O_2) dell'aria produce l'ozono e, per reazione con composti organici volatili, vari tipi di radicali. L'NO_2 è quindi considerato il principale responsabile dell'inquinamento (smog) fotochimico, caratteristico in particolare delle giornate soleggiate, e viene prodotto da tutte le combustioni industriali, dal traffico urbano e autostradale, ma anche ad opera del traffico aereo e ferroviario, nonché delle attività agricole meccanizzate.

Gli scenari in una prima fase, sono stati preparati relativamente ai giorni seguenti caratterizzati da clima autunnale:
6-9 ottobre 2010,
e invernale:
15-20 dicembre 2010
25-30 dicembre 2010
2-7 gennaio 2011
26-31 gennaio 2011
31 gennaio- 6 febbraio 2011

In una seconda fase sono stati preparati scenari relativamente ai giorni seguenti caratterizzati da clima semi-primaverile:

1-8 marzo 2011,

8-15 marzo 2011,

16-23 marzo 2011.

I risultati, sotto forma di mappe orarie riportanti curve di livelli di concentrazioni al suolo relative al territorio della Campania (Coordinate: 40.3 N - 41.3 N e 13.4 E – 14.9 E), sono stati raccolti su di un **DVD** che costituisce la **Banca Dati WP4-4_ Allegato_ A10.** Il **"Dominio 3"** indicato sulle Mappe si riferisce ai dettagli delle stesse Mappe riportati per ciascun passo di 1 x 1 km.

I risultati stessi vengono confrontati con i dati ottenuti negli stessi periodi dalle Centraline ARPAC funzionanti per gli stessi giorni. I dati delle Centraline ARPAC per il periodo interessato sono stati raccolti su di un CD, che costituisce la **Banca Dati WP4-3_ Allegato_ A7.**

Nella II Parte di questa Relazione verrà invece presentato il confronto tra gli Scenari prodotti e le misure effettuate con gli strumenti del Laboratorio Mobile che integrano quelle delle Centraline.

WP4-4_ 1) Analisi degli Scenari rappresentati come Mappe e confronto con i dati delle Centraline ARPAC.

WP4-4_1 Fase caratterizzata da clima autunnale e invernale

WP4-4_1.1 → PM_{10}.

Tenendo conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto per il PM_{10} sembra abbastanza soddisfacente dal punto di vista del programma di simulazione. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati ora per ora per ciascun giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura stessa della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di essa.

I valori delle concentrazioni calcolate dagli scenari simulati variano notevolmente a secondo dei periodi investigati.

Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno: questo profilo è prodotto nel primo stadio della catena di simulazione (cioè dal modulo WRF).

In dettaglio, riferendosi ai giorni riportati nella introduzione, si può effettuare la seguente analisi:

6-9 ottobre 2010: gli scenari registrano valori oscillanti di 15 - 45 $\mu g/m^3$ su tutto il territorio indagato; più in dettaglio i valori risultano tra 15 e 27 $\mu g/m^3$ con una punta inferiore a 10 $\mu g/m^3$ sull'area di Napoli e punte massime di 35 – 50 $\mu g/m^3$ (l'ultimo al limite della normativa) in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli, dell'Asse mediano e dei Nodi

Autostradali della Caserta - Salerno con la Napoli -Canosa e con la Napoli – Pompei - Salerno a secondo dell'ora e del giorno.
Nello stesso periodo le Centraline ARPAC registrano valori medi giornalieri di 14 – 35 $\mu g/m^3$ nei Capoluoghi, con valori più accentuati nelle Centraline di Napoli (Vecchio Policlinico -
-Museo Nazionale - via Argine), di Benevento (Ospedali Civili Riuniti) e Salerno (ASL2). Valori di 10 – 36 $\mu g/m^3$ sono stati registrati dalle Centraline ARPAC di Acerra.
Valori analoghi sono stati inoltre registrati dalle Centraline ARPAC dei Capoluoghi nei giorni 10, 14, 21 e 28 ottobre con una tendenza a crescere con il progredire del mese. I valori più bassi in tutto questo periodo, sono riportati dalle Centraline dello Osservatorio Astronomico di Napoli e da quelle di Avellino Città.

15-20 dicembre 2010: gli scenari registrano valori orari medi oscillanti, con punte estreme di 5 - 110 $\mu g/m^3$ su tutto il territorio indagato; più in dettaglio i valori risultano tra 10 e 30 $\mu g/m^3$ con una punta inferiore a 10 $\mu g/m^3$ sull'area di Napoli e con valori tra 20 e 40 $\mu g/m^3$ con minimi di 10-15 e punte massime di 80 - 110 $\mu g/m^3$ in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli, dell'Asse mediano e dei Nodi Autostradali della Caserta - Salerno con la Napoli -Canosa e con la Napoli – Pompei - Salerno a secondo dell'ora e del giorno. I valori più alti si sono registrati nei giorni 17 e 18 dicembre (venerdì e sabato) 2010: è evidente la connessione tra le condizioni meteorologiche e l'incremento del traffico di merci sulle strade extraurbane in previsione dei consumi festivi.
In tutto il periodo valutato i valori calcolati più alti (100 – 110 $\mu g/m^3$), interessanti nodi autostradali extraurbani risultano come sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).

25 -30 dicembre 2010: gli scenari registrano valori oscillanti con punte estreme di 5 - 100 $\mu g/m^3$ su tutto il territorio indagato; più in dettaglio i valori risultano tra 10 e 30 $\mu g/m^3$ con una punta inferiore a 10 $\mu g/m^3$ sull'area di Napoli e con valori con minimi di 5-15 $\mu g/m^3$ e punte massime di 80 - 110 $\mu g/m^3$ all'alba del 25 dicembre in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli, di 30 – 65 $\mu g/m^3$ sull'Asse mediano e sui Nodi Autostradali della Caserta - Salerno con la Napoli - Canosa e con la Napoli – Pompei – Salerno, ma ancora di 60 – 100 $\mu g/m^3$ all'alba del 25 dicembre sulla Napoli – Canosa - Bari in corrispondenza degli svincoli Avellino – Salerno e

Avellino - Benevento e della zona Industriale di Avellino Est. Questi valori diminuivano a 60 – 80 μg/m^3 nei giorni 27 e 28 dicembre fino a 25 – 30 μg/m^3 negli ultimi giorni dell'anno. I valori più alti si sono registrati nei giorni 17 e 18 dicembre (venerdì e sabato) 2010: è evidente la connessione tra le condizioni meteorologiche e l'incremento del traffico di merci sulle strade extraurbane in previsione dei consumi festivi e il graduale decremento a fine anno.

In tutto il periodo valutato i valori calcolati più alti (100 – 110 μg/m^3), interessanti nodi autostradali extraurbani risultano come sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).

In tutto il periodo di dicembre 2010 le Centraline ARPAC registrano valori medi giornalieri di 10 – 39 μg/m^3 nelle Centraline di Napoli (Vecchio Policlinico - Museo Nazionale - via Argine), di 22 – 43 μg/m^3 nelle Centraline di Caserta; di 25 – 62 nelle Centraline nelle Centraline di Benevento. Valori di 10 – 44 μg/m^3 sono stati registrati dalle Centraline ARPAC di Acerra. Per altro in concomitanza della fine dell'anno i valori sono schizzati a 59 – 130 a Napoli a 70 a Caserta, a 99 – 166 a Benevento e a 94 – 97 μg/m^3 alle due Centraline funzionanti di Acerra.

I valori più bassi in tutto questo periodo, sono riportati dalle Centraline dello Osservatorio Astronomico di Napoli e da quelle di Avellino Città.

Nota bene: i valori più alti (compreso quello di 130 μg/m^3 in una stazione di Napoli Città e quelli di Benevent, Caserta) registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi urbani e per le due di Acerra, in particolare per il 30 dicembre, sono molto al di sopra dei livelli di attenzione previste dagli Standard di Qualità dell'Aria e dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).

2 – 7 gennaio 2011: gli scenari registrano valori oscillanti con punte estreme di 5 - 110 μg/m^3 su tutto il territorio indagato; più in dettaglio i valori risultano tra 10 e 25 μg/m^3 con una punta inferiore a 10 μg/m^3 sull'area di Napoli e con valori tra 15 e 40 μg/m^3 in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli e dell'Asse mediano, di 15 – 55 μg/m^3 in corrispondenza del Nodo Autostradale della Caserta - Salerno con la Napoli -Canosa e con la Napoli – Pompei - Salerno a secondo dell'ora e del giorno. I valori più alti si sono registrati con minimi di 15 – 40 μg/m^3 , ma con punte massime di 80 - 110 μg/m^3 il giorno 3 gennaio (lunedì) 2011 sulla Napoli – Canosa - Bari in corrispondenza degli svincoli Avellino – Salerno e Avellino - Benevento e della zona Industriale di Avellino Est: è evidente la connessione tra le condizioni meteorologiche e

l'incremento del traffico di merci sulle strade extraurbane alla ripresa delle attività all'inizio del nuovo anno.

<u>Anche in qusto periodo valutato i valori calcolati più alti (100 – 110 $\mu g/m^3$), interessanti nodi autostradali extraurbani risultano come sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).</u>

Nel periodo 26 – 31 gennaio e dal 31 gennaio al 6 febbraio 2011 gli scenari riportati hanno indicato abbastanza uniformemente valori tra 5 e 25 $\mu g/m^3$ con punte massime di 35 -40 $\mu g/m^3$, tra le 7 e le 8 del mattino del 28 gennaio, su tutto il territorio regionale. Valori tra 10 e 25$\mu g/m^3$ si mantenevano nell'area urbana di Napoli e dei Capoluoghi, ma a partire dal 27 mattina si sono calcolati valori quasi sempre dell'ordine di 35 -40 $\mu g/m^3$, con punte anche di 70 -80 $\mu g/m^3$ e anche di 100 $\mu g/m^3$ nelle ore serali in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli e del Nodo Autostradale della Caserta - Salerno con la Napoli - Canosa.

<u>In tutto il periodo valutato i valori calcolati più alti (70 – 100 $\mu g/m^3$), interessanti nodi autostradali extraurbani risultano come sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).</u>

Alla ripresa dell'anno nuovo le Centraline ARPAC nei Capoluoghi hanno registrato valori tra 23 e 75 $\mu g/m^3$ nei giorni 3, 7, 13, 20 e dal 27 al 31 gennaio e fino al 4 febbraio, con i soliti valori medi giornalieri più accentuati in alcune delle Centraline di Napoli (Vecchio Policlinico - Museo Nazionale – Ospedale Santobono), di Benevento (Ospedali Civili Riuniti) e Salerno (ASL2), mentre i valori più bassi sono riportati, come in precedenza, dalle Centraline dello Osservatorio Astronomico di Napoli e da quelle di Avellino Città. Nei giorni 5 – 7 febbraio le Centraline ARPAC nei Capoluoghi e ad Acerra hanno registrato una impennata molto forte con valori medi giornalieri tra 70 e persino 237 $\mu g/m^3$ in Napoli città.

<u>Nota bene: i valori di 70 – 75 e persino di 237 $\mu g/m^3$ registrati da una delle Centraline ARPAC di Napoli ha sforato di molto il livello di attenzione previsto dagli standard di Qualità dell'Aria (150 $\mu g/m^3$) avvicinandosi a quello di allarme (300 $\mu g/m^3$) (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).</u>

E’ da notare per altro che dal 5 febbraio alcune Centraline ARPAC nella Città di Napoli hanno registrato valori molto elevati e fuori norma con punte persino di 237 $\mu g/m^3$. Il fatto che questi valori medi giornalieri non siano previsti dalle simulazioni dovrebbe indicare una discordanza tra i valori delle emissioni forniti dal modulo EMEP e focolai di emissioni locali diversi dal traffico o dalle emissioni di fondo della Regione non previsti da EMEP stesso: questa fonte aggiuntiva dovrebbe essere rappresentata probabilmente dai roghi dei cumuli di immondizia verificatesi in alcuni punti della Città.

Nota bene: i dati riportati nell’analisi degli scenari che precedono, per quello che riguardano i valori massimi, si riferiscono spesso ad aree del territorio Campano distanti dai Capoluoghi, come riportato sopra. I valori minimi delle simulazioni si riferiscono invece ai Capoluoghi di Provincia. Gli scenari in realtà danno gli andamenti ora per ora per i vari giorni con evidenti punte di massima nelle ore del tardo pomeriggio e della sera, con prolungamento fina alle primissime ore della notte successiva. Essi altresì tengono conto delle condizioni meteorologiche per cui i massimi più accentuati vengono riscontrati nei periodi secchi anche invernali, mentre tendono ad abbassarsi, almeno per il PM_{10}, nei giorni di pioggia e nelle ore più piovose.

INQUINANTI GASSOSI.

WP4-4_1.2 → NO_2

Anche nel caso dell’NO_2 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto con le concentrazioni ottenute dalle simulazioni sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà forniscono delle rappresentazioni molto più dettagliate, essendo riportate per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno di simulazione, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell’ultimo stadio di quest’ultima. (Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno).

6-9 ottobre 2010: i valori simulati variano tra 1 e 20 ppbv corrispondenti a 1,9 - 38 $\mu g/m^3$ con punte in Napoli centro, **soprattutto tra Mergellina e via Duomo**, che arrivano anche a 35 – 45 ppbv corrispondenti a 67 -86 $\mu g/m^3$ nelle prime ore delle mattinate (tra le 6 e le 9).
I valori più bassi sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra ma le punte massime orarie relative ad alcune aree di Napoli città sembrano dovute ad un accumulo provvisorio dovuto ad ingorghi di traffico in assenza di vento e presenza di forte insolazione. ***(T media 15 °C limite 250***$\mu g/m^3$**)**

15-20 dicembre 2010: i valori simulati variano tra 2,7 ppbv (5 $\mu g/m^3$) in piena notte e 24 ppbv (47 $\mu g/m^3$) con punte in Napoli centro, **soprattutto tra Mergellina e via Duomo**, che arrivano anche a 35 – 50 ppbv (68 -97 $\mu g/m^3$) nelle prime ore delle mattinate (tra le 6 e le 9) e le prime della sera (17 – 19). ***(T media 10 °C)***

25-30 dicembre 2010: i valori simulati variano tra 2,7 in piena notte a 24 ppbv (5 - 47 $\mu g/m^3$) in Napoli centro, **soprattutto tra Mergellina e via Duomo**; con punte che arrivano anche a 35 – 45 ppbv, corrispondenti a 68 - 87 $\mu g/m^3$ nelle prime ore della sera (17 – 19) soprattutto sul raccordo Avellino – Salerno.

2-7 gennaio 2011: i valori simulati variano tra 6 ppbv (15 $\mu g/m^3$) in piena notte e 15 ppbv (29 $\mu g/m^3$) con punte in Napoli centro, **soprattutto tra Mergellina e via Duomo**, che arrivano anche a 35 ppbv (il 5.1.2011) e 45ppbv (il 2.1.2011) (68 – 87 $\mu g/m^3$) nelle prime ore delle mattinate (tra le 6 e le 9) e le prime della sera (17 – 19). Un massimo era registrato nell'area di Caserta: 30ppbv (58 $\mu g/m^3$).

I valori calcolati sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra ma le punte massime orarie relative ad alcune aree di Napoli città sembrano dovute ad un accumulo provvisorio dovuto ad ingorghi di traffico in assenza di vento e presenza di forte insolazione. D'altra parte le Centraline del Museo Nazionale di Napoli dell'Ospedale Santobono e delle Ferrovie segnalavano dei valori particolarmente alti il 30 dicembre e il 7 gennaio.

Nel periodo 26 – 31 gennaio e dal 31 gennaio al 6 febbraio 2011 i valori simulati variano tra 1 e 22 ppbv (2 - 43 μg/m^3) con punte in Napoli centro, **<u>soprattutto tra Mergellina e via Duomo</u>**, che arrivano anche a 40 – 50 ppbv corrispondenti a 78 - 97 μg/m^3 nelle prime ore delle mattinate (tra le 6 e le 9).

Nello stesso periodo le Centraline ARPAC nei Capoluoghi hanno registrato valori tra 10 e 50 μg/m^3 nei giorni 3, 7, 13, 20 e dal 27 al 31 gennaio e fino al 4 febbraio, con i valori medi giornalieri più accentuati nelle Centraline di Napoli (Vecchio Policlinico - Museo Nazionale – Ospedale Santobono), di Benevento (Ospedali Civili Riuniti) e Salerno (ASL2), mentre i valori più bassi sono riportati, come in precedenza, dalle Centraline dello Osservatorio Astronomico di Napoli e da quelle di Avellino Città. Nei giorni 5 – 7 febbraio le Centraline ARPAC nei Capoluoghi hanno registrato una impennata molto forte con valori medi giornalieri tra 40 e 95 μg/m^3 in Napoli città.

<u>In tutto il periodo valutato i valori calcolati più alti interessano i centri urbani e non risultano come sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).</u>

WP4-4_1.3 → CO

Anche nel caso del CO bisogna altresì tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno.

6-9 ottobre 2010. Gli scenari prodotti in questo caso potrebbero suscitare qualche perplessità, in quanto i valori massimi simulati (0,15 -0,50 ppbv cioè 0,17 – 0,58 mg/m^3), (tutti concentrati sull'area di Napoli città; qualche massimo relativo riguarda le sere in direzione dell'autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, ma con valori limitati inferiori a 0,22 ppbv (0,26 mg/m^3); in realtà i dati delle Centraline sono spesso ai limiti della sensibilità strumentale (0.1 mg/m^3) o addirittura non registrati. ***<u>(T media 15 °C)</u>***

D’altra parte un rapido confronto con i dati riportati in rete per le Centraline della Regione Lazio e in particolare per Roma forniscono risultati sperimentali dello stesso ordine di grandezza di quelle delle Centraline Campane.
Lo stesso si può dire per l’andamento dei dati annuali forniti per la provincia di Carrara dalla ARPAT della Regione Toscana.

Si tenga però presente che il CO (peso molecolare 28) è un gas relativamente più leggero dell’aria (si confronti il peso molecolare medio pesato di questa ultima che è di 28.8) e quindi tende a stratificarsi più in alto rispetto al livello del suolo. Mentre le pompe delle Centraline aspirano l’aria a qualche metro di altezza, i risultati delle simulazioni della catena WRF-EMEP-CHIMERE, salvo indicazioni diverse, si riferiscono ad una quota corrispondente ad una pressione convenzionale di 995 millibar, il che implica una diffusione anche in verticale in strati fino a diverse decine di metri di altezza.

15-20 dicembre 2010: gli scenari prodotti in questo caso potrebbero suscitare qualche perplessità, in quanto i valori massimi simulati (0,15 -0,60 ppbv corrispondenti a 0,18 – 0,71 mg/m^3), (tutti concentrati sull’area di Napoli città; qualche massimo relativo riguarda le sere in direzione dell’autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, ma con valori limitati inferiori a 0,36 ppbv – 0,43 mg/m^3); in realtà i dati delle Centraline sono spesso ai limiti della sensibilità strumentale (0.1 mg/m^3) o addirittura non registrati. ***(T media 10 °C)***

25-30 dicembre 2010: gli scenari prodotti anche in questo caso forniscono valori massimi simulati di 0,17 -0,80 ppbv vale a dire 0,20 – 0,95 mg/m^3), (tutti concentrati sull’area di Napoli città; qualche massimo relativo riguarda le sere in direzione dell’autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, ma con valori limitati inferiori a 0,36 ppbv – 0,43 mg/m^3).

2-7 gennaio 2011: gli scenari prodotti anche in questo caso forniscono valori massimi simulati (0,20 - 0,90 ppbv corrispondenti a 0,24 -1,06 mg/m^3), (tutti concentrati sull’area di Napoli città; qualche massimo relativo riguarda le sere in Città) verso l’autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, si calcolano valori limitati inferiori a 0,36ppbv – 0,43 mg/m^3).

In realtà i dati delle Centraline in questo periodo registrano valori di 0,4 – 1,6 con una punta di 2.1 mg/m^3 a Caserta-Centurano il 7 gennaio.

D'altra parte un rapido confronto con i dati riportati in rete per le Centraline della Regione Lazio e in particolare per Roma forniscono risultati sperimentali dello stesso ordine di grandezza di quelle delle Centraline Campane. Lo stesso si può dire per l'andamento dei dati annuali forniti per la provincia di Carrara dalla ARPAT della Regione Toscana.
Nel periodo 26 – 31 gennaio e dal 31 gennaio al 6 febbraio 2011 i valori massimi simulati risultavano essere 0,15 -0,90 ppbv corrispondenti a 0,18 – 1,06 mg/m^3 (tutti concentrati sull'area di Napoli città; qualche massimo relativo riguarda le sere in direzione dell'autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, ma con valori limitati inferiori a 0,24 ppbv – 0,28 mg/m^3).
I dati delle Centraline registrati nei giorni 3, 7, 13, 20 e dal 27 al 31 gennaio e fino al 6 febbraio, come detto sopra sono spesso ai limiti della sensibilità strumentale (0.1 – 0,4 mg/m^3) o addirittura non registrati, con l'eccezione del 7 gennaio dove in alcune delle Centraline di Napoli si sono raggiunti valori di 1,3 – 2,2 mg/m^3 , con la punta di 3,2 mg/m^3 al Museo Nazionale.

WP4-4_1.4 → O_3

Anche nel caso dell'O_3 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere; il confronto con le concentrazioni riportati nelle Mappe degli scenari sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.

6-9 ottobre 2010: i valori massimi valutati variavano tra 35 e 52 ppbv (equivalenti a 70 – 104 μg/m^3) nel periodo autunnale, valori che variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.
Tali valori sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra, ma le Centraline nei giorni finali della settimana segnalano valori più alti, fino a 80 a Napoli Ferrovia, a 75 – 90 a Caserta e ad Acerra e a 120 μg/m^3 a Salerno. ***(T media 15 °C)***

15-20 dicembre 2010: i valori massimi valutati variano tra 18 e 38 ppbv corrispondenti a 36 - 77 μg/m^3 nel periodo invernale, valori che variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.

Tali valori sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra, ma le Centraline nei giorni finali della settimana segnalano valori più alti, fino a 75 – 90 a Caserta. ***(T media 10 °C)***

25-30 dicembre 2010: i valori massimi valutati variano tra 15 e 34 ppbv cioè 30 – 69 μg/m^3 con minimi inferiori a 10 ppbv (20 μg/m^3)nella notte tra il 29 e il 30 dicembre. Tali valori sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra, ma le Centraline nei giorni finali della settimana segnalano valori più alti, fino a 75 – 85 a Caserta.

2-7 gennaio 2011: i valori massimi valutati variano anche in questo caso tra 15 e 36 ppbv (30 - 73 μg/m^3) con minimi inferiori a 10 ppbv (20 μg/m^3) nella serata del 4 gennaio. Tali valori sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra, ma le Centraline di Caserta segnalavano il 3 gennaio valori medi giornalieri di79 – 84 μg/m^3 .

Anche nei giorni dal 26 gennaio al 6 febbraio 2011 i valori massimi valutati variano tra 31 e 46 ppbv (62 - 73 μg/m^3) valori che variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica. In tutto questo periodo i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC raggiungevano solo in pochi casi valori di 100 μg/m^3. Alcune punte massime orarie relative ad alcune aree di Napoli città sembrano dovute ad un accumulo provvisorio dovuto ad ingorghi di traffico in assenza di vento e presenza di forte insolazione.

In tutto il periodo valutato i valori calcolati più alti interessano i centri urbani e non risultano come sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).

I valori calcolati dagli scenari sembrano parzialmente sottostimati rispetto a quelli misurati in alcuni giorni dalle Centraline ARPAC. Un primo elemento si riconnette al fatto che l'ozono (O_3 peso molecolare 48), contrariamente al CO, è un gas molto più pesante dell'aria (si confronti il peso molecolare medio pesato di questa ultima che è di 28.8) e quindi tende a stratificarsi più vicino al livello del suolo, laddove le pompe delle Centraline aspirano l'aria a qualche metro di altezza. I risultati delle simulazioni della catena WRF-EMEP-CHIMERE si riferiscono invece ad

una quota corrispondente ad una pressione convenzionale di 995 millibar, il che implica una diffusione anche in verticale in strati fino a diverse decine di metri di altezza.

Inoltre l'atmosfera della Regione Campania è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2 e O_3), e da componenti chimicamente riducenti. Oltre al CO tra questi ultimi vanno annoverati i composti organici volatili. ***Questi ultimi provengono da varie fonti: da combustioni parziali, da emissioni di depositi di solventi o carburanti, soprattutto da emissioni della vegetazione: l'insieme di queste sostanze (i "cosiddetti precursori dell'ozono")*** impediscono un rapido consumo dell'ozono stesso ad opera di reazioni secondarie anche in condizioni di buona insolazione (come l' NO_2 anche l' O_3 tende ad essere fotoscisso dalla radiazione nel vicino U.V.). In particolare le emissioni dalla vegetazione di Composti Organici Volatili (COV in inglese VOC) potrebbero essere stati sottostimati per la Campania dalle Banche dati di EMEP e questo spiegherebbe le lievi anomalie riscontrate.
Infine le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località costiere si ha un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.

WP4-4_1.5 → NO

Per l'NO il confronto diretto con i dati misurati delle Centraline ARPAC non è possibile , in quanto queste ultime non registrano normalmente i dati relativi all'NO.

6-9 ottobre 2010: gli scenari suggeriscono valori che variano tra 0.2 e 6,0 ppbv (0,25 – 0,74 $\mu g/m^3$) nel corso della giornata salvo punte di 18, 24 e 35 ppbv (22, 30, 43,5 $\mu g/m^3$) nelle primissime ore del mattino. ***(T media 15 °C)***
(Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è come detto il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno).

15-20 dicembre 2010: gli scenari suggeriscono valori che variano tra 0.3 e 7,0 ppbv (0,38 – 8,8 $\mu g/m^3$) nel corso della giornata salvo punte di 16, 18, 24 e 30 ppbv (20, 23, 30,3 e 37,9 $\mu g/m^3$) nelle prime ore del mattino o del pomeriggio. ***(T media 10 °C)***

25-30 dicembre 2010: gli scenari suggeriscono valori che variano tra 1,3 e 12,0 ppbv (1,6 – 15,0 $\mu g/m^3$) nel corso della giornata salvo punte di 18, 24 e perfino 60 – 90 ppbv (rispettivamente 23, 30,3 e 76, 114 $\mu g/m^3$)nelle prime ore del mattino.

2-7 gennaio 2011: gli scenari suggeriscono valori che variano tra 0.4 e 14,0 ppbv (0,50 - 18 $\mu g/m^3$) nel corso della giornata salvo punte di 18, 24, 35 e 50ppbv (23, 30,3 44 e 63 $\mu g/m^3$)nelle prime ore del pomeriggio.

Nei giorni dal 26 gennaio al 6 febbraio 2011 i valori massimi valutati variano tra 0.3 e 50 ppbv (0,38 – 63 $\mu g/m^3$) che variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica, ma con i massimi spostati verso le prime ore della sera, alla fine della insolazione, quando le reazioni secondarie fotoindotte e la calma dei venti fanno ristagnare questo gas prodotto dalle combustioni.

Questi valori sembrano però sottostimati in quanto inferiori a quelli dell'NO_2 nel corso delle giornate, tranne che alle ore di molte mattine, quando sono paragonabili. In realtà all'atto della emissione da un motore o da una caldaia l'NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all'unità o addirittura a valori nettamente inferiori.

D'altra parte una analisi dei dati messi in rete dalla Regione Lazio suggeriscono dei rapporti
$(NO + NO_2)/NO_2$ dell'ordine di 1.1 – 1.67 nell'atmosfera, valori che registrano la situazione una volta che i fumi caldi contenenti i due inquinanti si siano diluiti e mescolati con l'aria normale, e abbiano reagito con l'ossigeno atmosferico molto più concentrato di quello residuo negli stessi fumi fuoriuscenti dalla bocca del combustore, quale esso sia.

Conclusione:

si può affermare che complessivamente gli Scenari prodotti con il programma utilizzato sono stati validati soddisfacentemente e quindi detto programma può essere considerato uno strumento affidabile in fase sia di applicazione che di previsione.

Ciò porta anche a sottolineare nuovamente che la disposizione delle Centraline ARPAC solo in alcuni quartieri dei Capoluoghi urbani, porta a sottovalutare i dati di inquinamento di intere aree della Regione lontane dalle aree urbane.

E' sintomatico inoltre che le Centraline ARPAC disposte nella zona di Acerra non indicano valori particolarmente elevati di inquinamento, almeno rispetto ad altre aree industriali o a nodi

autostradali individuati dagli scenari prodotti dalla catena di simulazione. Questa constatazione potrebbe essere giustificata con varie ipotesi:

1) ***una buona dispersione dei prodotti di emissione, dovuta all'altezza dei camini delle varie linee dell'inceneritore e al regime dei venti esistenti sulla pianura corrispondente;***
2) ***una ricaduta delle polveri sottili in aree più vicine all'inceneritore di quelle dei siti delle Centraline ARPAC di Acerra, combinata invece con una migliore dispersione degli inquinanti gassosi.***

Ciò verrà indagato più approfonditamente nei Work Package successivi.

WP4-4_2 Fase caratterizzata da clima semi-primaverile (marzo 2011).

WP4-4_2.1 → PM_{10}.

Sempre tenendo conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto per il PM_{10} per le prime tre settimane di marzo, con un clima semi-primaverile, sembra abbastanza soddisfacente dal punto di vista del programma di simulazione. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati ora per ora per ciascun giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura stessa della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di essa.

I valori degli scenari simulati variano tra 10 e 15 $\mu g/m^3$ ma con un massimo di 30 – 40 $\mu g/m^3$ nelle ore serali del 6, dell'8, del 20 e del 21- 23 marzo e con punte anche inferiori a 10 $\mu g/m^3$ sul territorio urbano di Napoli. Inoltre vengono calcolati valori di 20 – 50 $\mu g/m^3$ con tendenza ad aumentare fino a 70 - 100 $\mu g/m^3$ nelle ore serali del 6 marzo e per tutto il giorno 7 e la notte dell'8, e nella sera del 15 marzo in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli, dell'Asse mediano e dei Nodi Autostradali della Caserta - Salerno con la Napoli - Canosa e con la Napoli – Pompei - Salerno. Invece punte valori molto elevati (100 – 160 e fino a 200 $\mu g/m^3$) sono stati calcolati per le prime ore del pomeriggio dei giorni 17 – 21 marzo.

Nota bene: i valori calcolati più alti (100 – 200 $\mu g/m^3$) interessanti nodi autostradali extraurbani sforano il livello di attenzione previsto dagli standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).

La natura di questi picchi di inquinamento può essere molteplice e legata a eventi e focolai di emissioni *locali* ***diversi dalle condizioni anche elevate di traffico o dalle emissioni di fondo della Regione non previsti da EMEP stesso: questa fonte aggiuntiva potrebbe essere rappresentata dai roghi dei cumuli di immondizia e copertoni verificatesi in alcuni punti del territorio o adun cattivo funzionamento occasionale dell'inceneritore di Acerra.***

Si noti che il sistema meteo climatico WRF alla base della catena di calcolo, ha prodotto risultati finali, per il giorno 21 marzo, dettati da un forte vento da Est, come si è riscontrato anche per gli scenari relativi agli inquinanti gassosi (vedi di seguito).

Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno: questo profilo è prodotto sempre nel primo stadio della catena di simulazione (cioè dal modulo WRF).

Nello stesso periodo le Centraline ARPAC registravano valori tra 16 e 43 $\mu g/m^3$ con punte di 60 – 63 $\mu g/m^3$ il 24 e 25 marzo in Napoli, di 18 – 32 $\mu g/m^3$ ad Avellino, di 18 – 53 $\mu g/m^3$ a Benevento di 10 – 26 $\mu g/m^3$ a Caserta di 15 – 35 $\mu g/m^3$ a Salerno (con massimi di 50 il 24 e il 25 marzo) e infine di 10 – 40 $\mu g/m^3$ ad Acerra (con massimi di 50 – 54 sempre il 24 e 25 marzo).

Nota bene: quindi in questo periodo semi-primaverile, i valori calcolati più alti (5 -54 $\mu g/m^3$) interessanti siti urbani, sforanodi poco il livello di attenzione previsto dagli standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).

WP4-4_2.2 → NO_2

Anche nel caso dell'NO_2 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto con le concentrazioni ottenute dalle simulazioni sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà forniscono delle rappresentazioni molto più dettagliate, essendo riportate per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno di simulazione, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.

I valori calcolati variano tra 1 e 20 ppbv (1,9 e 38 $\mu g/m^3$) con punte in Napoli centro, **soprattutto tra Mergellina e via Duomo**, che arrivano anche a 55ppbv (95,5 $\mu g/m^3$), in particolare nelle primissime ore della mattina e in qualche caso anche nelle prime ore della sera. Nelle località extraurbane e sui nodi autostradali non si riscontravano valori particolarmente differenti.

I valori più bassi sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra ma le punte massime orarie relative ad alcune aree di Napoli città sembrano dovute ad un accumulo provvisorio dovuto ad ingorghi di traffico in assenza di vento e presenza di forte insolazione. Anche per i dati concernenti l'NO_2 , si è potuto notare che il sistema meteo climatico WRF alla base della catena di calcolo, ha prodotto risultati finali, per il giorno 21 marzo, dettati da un forte vento da Est, come si è riscontrato anche per gli scenari relativi alle polveri sottili.

I valori riportati dalle Centraline ARPAC variavano nelle settimane di marzo tra 15 e 45 $\mu g/m^3$ e tra 10 e 50 $\mu g/m^3$ nella prima settimana di aprile.

WP4-4_2.3 → CO

Anche nel caso del CO bisogna altresì tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. I valori più elevati sono riscontrati nelle prime ore del mattino (quando i motori sono freddi e le combustioni poco efficienti).

Comunque gli scenari in questo caso potrebbero suscitare qualche perplessità, in quanto i valori simulati (0,16 – 0,90 ppbv corrispondenti a 0,19 – 1,05 mg/m^3), sono più alti dei dati riportati dalle Centraline, spesso ai limiti della sensibilità strumentale (0.1 mg/m^3) o addirittura non registrati.

D'altra parte un rapido confronto con i dati riportati in rete per le Centraline della Regione Lazio e in particolare per Roma forniscono risultati sperimentali dello stesso ordine di grandezza di quelle delle Centraline Campane. Lo stesso si può dire per l'andamento dei dati annuali forniti per la provincia di Carrara dalla ARPAT della Regione Toscana.

D'altra parte si tenga presente che il CO (peso molecolare 28) è un gas relativamente più leggero dell'aria (si confronti il peso molecolare medio pesato di questa ultima che è di 28.8) e quindi tende a diffondere rapidamente più in alto rispetto al livello del suolo. Mentre le pompe delle Centraline aspirano l'aria a qualche metro di altezza, i risultati delle simulazioni della catena WRF-EMEP-CHIMERE, salvo indicazioni diverse, si riferiscono ad una quota corrispondente ad una pressione convenzionale di 995 millibar, il che implica una diffusione anche in verticale in strati fino a molte decine di metri di altezza.

Poiché il CO è molto poco reattivo, ciò potrebbe indicare che ***esso è disperso su tutto il territorio in strati sovrapposti*** e che l'aria regionale è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2, O_3) e da componenti chimicamente riducenti. Ciò comporta una notevole capacità reattiva residuale. Questi risultati quindi non dovrebbero inficiare la validità degli scenari calcolati e riportati, indicando che effettivamente le concentrazioni del CO sono più alte dell'atteso sul complesso del territorio rispetto a quanto segnalato dalle Centraline ARPAC urbane e che il CO stesso diffonde anche verso i piani alti degli edifici delle aree collinari oltre ad accumularsi nei distretti industriali e nei nodi autostradali.

WP4-4_2.4 → O_3

Anche nel caso dell'O_3 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere; il confronto con le concentrazioni riportati nelle Mappe degli scenari sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà risultano molto

più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.
I valori calcolati dalla catena WRF-EMEP-CHIMERE variano tra 45 e 56 ppbv (90 – 112 $\mu g/m^3$) in questo periodo semi-primaverile; valori che variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.
I valori riportati dalle Centraline ARPAC variano invece nelle settimane di marzo tra 30 e 75 $\mu g/m^3$ e tra 48 e 84 $\mu g/m^3$ nella prima settimana di aprile.

I valori calcolati sembrano parzialmente sottostimati rispetto a quelli misurati in alcuni giorni dalle Centraline ARPAC. Un primo elemento si riconnette al fatto che l'ozono (O_3 peso molecolare 48), contrariamente al CO, è un gas molto più pesante dell'aria (si confronti il peso molecolare medio pesato di questa ultima che è di 28.8) e quindi tende a stratificarsi più vicino al livello del suolo, laddove le pompe delle Centraline aspirano l'aria a qualche metro di altezza. I risultati delle simulazioni della catena WRF-EMEP-CHIMERE si riferiscono invece ad una quota corrispondente ad una pressione convenzionale di 995 millibar, il che implica una diffusione anche in verticale in strati fino a diverse decine di metri di altezza.

Per lo stesso motivo i valori calcolati sembrano apparentemente sovrastimati, rispetto a quelli dell' NO_2 da cui indirettamente deriva l'ozono per fotoscissione di un atomo di ossigeno e successiva reazione con l'ossigeno molecolare dell'aria
Un primo elemento si riconnette a quanto detto prima, cioè che l'atmosfera della Regione Campania è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2 e O_3), e da componenti chimicamente riducenti. Oltre al CO tra questi ultimi vanno annoverati i composti organici volatili. ***Questi ultimi provengono da varie fonti: da combustioni parziali, da emissioni di depositi di solventi o carburanti, da emissioni della vegetazione: l'insieme di queste sostanze (i "cosiddetti precursori dell'ozono")*** impediscono un rapido consumo dell'ozono stesso ad opera di reazioni secondarie anche in condizioni di buona insolazione (come l' NO_2 anche l' O_3 tende ad essere fotoscisso dalla radiazione nel vicino U.V.).
D'altra parte i dati delle Centraline ARPAC dei Capoluoghi effettuano, come già sottolineato, medie giornaliere e i minimi precedenti si riferiscono quasi sempre a orari di punta (primo pomeriggio) e al solito in aree relativamente lontane dai siti ove operano le Centraline stesse. Inoltre le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località costiere si ha

un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.

WP4-4_2.5 → NO

Per l'NO il confronto diretto con i dati misurati delle Centraline ARPAC non è possibile , in quanto queste ultime non registrano normalmente i dati relativi all'NO.

Gli scenari suggeriscono valori che variano tra 0.2 e 9 ppbv (0,25 e 11 $\mu g/m^3$) ma con valori estremi di 16 e persino 50 ppbv (20 e 62 $\mu g/m^3$), in alcune ore delle mattine e di alcune sere.

Questi valori sembrano però sottostimati in quanto inferiori a quelli dell'NO_2. In realtà all'atto della emissione da un motore o da una caldaia l'NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all'unità o addirittura a valori inferiori.

D'altra parte una analisi dei dati messi in rete dalla Regione Lazio suggeriscono dei rapporti ($NO + NO_2$)/NO_2 dell'ordine di 1.1 – 1.67 nell'atmosfera, cioè una volta che i fumi caldi contenenti i due inquinanti si sono diluiti e mescolati con l'aria normale, e abbiano reagito con l'oosigeno atmosferico molto più concentrato di quello residuo negli stessi fumi fuoriuscenti dalla bocca del combustore, quale esso sia.

CONCLUSIONE

Complessivamente quindi si può ben ritenere che i dati forniti dagli Scenari sviluppati con le Metodologie e i Programmi presentati in questo Progetto siano del tutto coerenti con i limitati dati forniti dalle centraline urbane fisse. Gli Scenari per altro mostrano l'esistenza di dati di inquinamento spesso più accentuati di quelli misurati nelle città e che si presentano in particolare sugli Assi viari principali della Regione e sui Distretti industriali dove non vi sono

strumentazioni per il monitoraggio continuo dell'inquinamento. Inoltre gli Scenari forniscono un quadro molto più dettagliato, non solo spaziale, ma anche nella sua evoluzione oraria nel corso delle singole giornate. Gli scenari infine tengono ben conto delle condizioni meteorologiche per cui i massimi più accentuati vengono riscontrati nei periodi secchi o poco ventosi, mentre tendono ad abbassarsi, nei giorni di pioggia e nelle ore più piovose.

II PARTE

Fase sperimentale da dicembre 2009 a settembre 2010, precedente la messa a punto del Procedimento di calcolo parallelo per l'elaborazione degli Scenari, e successivamente fino a febbraio 2011.

Primo confronto tra le rilevazioni misurate dal laboratorio mobile attrezzato con il DUST SCANN e l'ETL BUS e i dati delle Centraline ARPAC.

INTRODUZIONE

Sono state condotte delle campagne di misura con il **Laboratorio mobile** attrezzato con il misuratore di polveri sottili DUST SCANN e con l'analizzatore di gas ETL BUS. Per il primo sistema le misure condotte a dicembre 2009 sono servite per una ricalibrazione dello stesso per confronto con strumenti a norma non trasportabili. Per la seconda strumentazione i primi risultati forniti da questo analizzatore, dimostravano che esso necessitava di una revisione, per cui i primi dati non vengono riportati in dettaglio e vengono commentati soltanto i dati medi giornalieri del 9 e 10 febbraio 2011 e quelli del giorno 11 che si riferiscono soltanto a un'ora. .

Misure di PM_{10}:

In una fase preliminare in varie località della Provincia di Caserta nei giorni
14-16 dicembre 2009
caratterizzati da clima invernale;

in una nuova fase in 5 siti tra Bagnoli e Posillipo e 4 siti ai Camaldoli, nei giorni:
23 e 26 luglio 2010
e in 7 località della Provincia di Benevento, nei giorni:
22-24 settembre 2010
caratterizzati da clima estivo;

e in una ultima fase nei giorni:
16 dicembre 2010: in 4 siti di Napoli Est;
18 - 19 e 21 dicembre 2010 (misure continuative con postazione fissa), in Piazza IV Giornate;
27 dicembre 2010 – 7 gennaio 2011 (misure continuative con postazione fissa) nelle adiacenze dell'Ospedale Monaldi.
caratterizzati nuovamente da clima invernale.

Misure di inquinanti gassosi (CO, NO_x e O_3):

25 gennaio – 10 febbraio 2011 (misure continuative con postazione fissa) via Consalvo a Fuorigrotta (clima invernale)

I risultati per le polveri sottili (**PM_{10}**) ottenuti con DUST SCANN sono riportati nella **Banca Dati WP4-3_ Allegato_A8** e i Grafici **corrispondenti nell' Allegato_A9.**
I risultati stessi vengono confrontati con i dati ottenuti negli stessi periodi dalle Centraline ARPAC funzionanti per gli stessi giorni. I dati delle Centraline ARPAC per il periodo interessato sono stati raccolti su di un CD, che costituisce la **Banca Dati WP4-3_ Allegato_ A7.**

WP4-4_3) Confronto tra le determinazioni delle concentrazioni di polveri sottili misurate con il DUST SCANN (Laboratorio mobile) e i dati delle Centraline ARPAC.

WP 4-4_3.1 → PM_{10}.
Tenendo conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere e che le misure sono state condotte in orari limitati e diurni (tranne i periodi dal 18 dicembre 2010 al 7 gennaio 2011), il confronto con i valori misurati per il PM_{10} sembra abbastanza soddisfacente.
<u>Nota bene: si è deciso che le località prescelte per le misure non fossero strettamente adiacenti alle localizzazioni delle Centraline ARPAC</u>
<u>In questi periodi i programmi di calcolo parallelo non erano stati ancora messi a punto.</u>

Fase caratterizzata da clima estivo.
In dettaglio, riferendosi ai giorni riportati nella introduzione, si può effettuare la seguente analisi:

23 e 26 luglio 2010: le determinazioni delle polveri sottili PM_{10} in varie località della Città di Napoli (da Bagnoli all'Eremo dei Camaldoli) registrano valori compresi tra 5.5 e 21 $\mu g/m^3$; questi valori sono intermedi tra quelli medi giornalieri registrati dalla centralina ARPAC dell'osservatorio Astronomico nel periodo di fine luglio e quelli di altre centraline (Ospedale Santobono al Vomero , via Argine) mediamente più alte.
Dal 22 al 24 settembre 2010: le determinazioni delle polveri sottili PM_{10} in varie località della Regione (Montesarchio, Benevento Città, Cancello Scalo, Acerra scuole) variano tra 8 e 16 $\mu g/m^3$ nelle prime due località e tra 22 e 25 $\mu g/m^3$ nelle seconde due che risentono della presenza dell'inceneritore. Nello steso periodo le centraline ARPAC di Benevento Città segnalavano valori

molto più alti di 31- 43 μg/m^3 , mentre quelle di Acerra Città davano 25-31 μg/m^3 e quelle della Zona Industriale 40 μg/m^3 .

Fase caratterizzata da clima invernale.

In dettaglio, riferendosi ai giorni riportati nella introduzione, si può effettuare la seguente analisi:

dal 14 al 16 dicembre 2009: il 14 dicembre 2009 a Santa Maria Capua Vetere la determinazione delle polveri sottili PM10 fornivano un valore di 26 μg/m^3 ; il 15 dicembre 2009 in varie località della Provincia di Caserta le concentrazioni misurate variavano dai 7-8 μg/m^3 di Capua e Lusciano ai 24-26 di Aversa e ai 29 μg/m^3 di Villa Literno; il 16 dicembre infine le concentrazioni misurate variavano dai 19 μg/m^3 di Maddaloni ai 28 μg/m^3 di Caserta Città, ai 32 μg/m^3 di Santa Maria a Vico e ai 37-38 μg/m^3 di San Felice a Cancello e di Cervino, località queste ultime **più vicine all'inceneritore di Acerra**. Nello stesso periodo le centraline ARPAC di Caserta segnalavano valori medi giornalieri di 19-22 μg/m^3 tranne una sola centralina (Scuola di via Settembrini) che il giorno 16.12.2009 indicava 29 μg/m^3 .Questa campagna di misure è servita anche per effettuare una ricalibrazione dello strumento mediante confronto con strumenti a Norma di Legge.

16 dicembre 2010: via De Roberto e traverse adiacenti (Napoli EST) la determinazione delle polveri sottili PM_{10} fornivano un valore di 19 μg/m^3 e in alcuni punti al riparo della ***sopraelevata anche di soli 8*** μg/m^3. Nello steso periodo le centraline ARPAC delle Ferrovie segnalavano un valor medio giornaliero di 27 e quella di via Argine di 47 μg/m^3. Sembrerebbe che nel breve periodo di misura nei dintorni di via De Roberto questa località sia stata particolarmente ventilata e che non vi siano sorgenti locali considerevoli.

18 - 19 e 21 dicembre 2010 (misure continuative con postazione fissa su di una terrazza di un piano alto nei dintorni di Piazza IV Giornate): la determinazione delle polveri sottili PM_{10} fornivano valori variabili tra 6.5 e 15.5 μg/m^3 a secondo dell'ora e soprattutto dell'attività del cantiere nella adiacente via D'Isernia. Nello steso periodo la centralina ARPAC dell'Ospedale Santobono segnalava un valore medio giornaliero di 37 μg/m^3 . Poiché la postazione fissa era collocata su di una terrazza al sesto piano abbastanza ventilata, mentre la centralina ARPAC è situata nel cortile dell'Ospedale la discrepanza è del tutto accettabile.

27 dicembre 2010 – 7 gennaio 2011 (misure continuative con postazione fissa su di una terrazza di un piano alto nei dintorni dell'Ospedale Monaldi – via Orsoline a Santa Croce): la determinazione delle polveri sottili PM_{10} fornivano valori variabili tra 15 e 21 $\mu g/m^3$ a secondo dell'ora nei giorni tra il 27 e il 29 dicembre; questi valori crescevano fino a 30-40 $\mu g/m^3$ nei giorni tra il 30 dicembre e il 2 gennaio con una punta estrema di 69-70 $\mu g/m^3$ nelle ore notturne del 31 dicembre e nelle prime ore del 1° gennaio, per ritornare a valori di 23-26 $\mu g/m^3$ nei giorni dal 3 al 5 e calare infine a 10 $\mu g/m^3$ nei giorni 6 e 7 gennaio. E' quindi chiarissimo che il picco estremo verificatosi la notte di Capodanno e stato causato dalle esplosioni dei fuochi artificiali. Nei giorni critici di fine anno le centraline ARPAC di quartieri collinari di Napoli segnalavano valori medi giornalieri anche di 60-100 $\mu g/m^3$ con punte fino a 130 $\mu g/m^3$ a via Argine. Nei giorni successivi le centraline ARPAC segnalavano ancora valori molto alti e fuori dalle medie giornaliere delle settimane precedenti. Evidentemente mentre sulla terrazza dell'ultimo piano di via Orsolone la ventilazione operava più rapidamente, ancora il 7 gennaio la centralina di via Argine segnalava 130 $\mu g/m^3$ indicando che la cappa di aerosol e particolato stagnava ancora sulla città.

Quindi le misure effettuate con il Laboratorio Mobile così come i dati delle Centraline ARPAC segnalavano una situazione abnorme in corrispondenza dei festeggiamenti di fine anno.

WP4-4_3.2 Inquinanti gassosi (CO, NOx – somma di NO_2 e NO - e O_3).

25 gennaio -10 febbraio 2011: vengono discussi solo i dati del 9 e 10 febbraio (misure continuative con ETL BUS, postazione fissa su di una terrazza di un piano basso di via Consalvo a Fuorigrotta).

Per il monossido di carbonio (CO) i valori medi giornalieri riscontrati erano di 0.40 mg/m^3 il giorno 9.2. e di 0.12 mg/m^3 per il 10.2 e di 0.47 per l'11.2.2011, mentre gli ultimi dati registrati per le Centraline ARPAC nei giorni precedenti risultavano anche superiori a 1.3 mg/m^3 (si tenga però presente che la Centralina ARPAC più vicina, quella della Scuola Silio Italico, non è funzionante da diverso tempo).

Per il gli ossidi misti di azoto (NO_x) i dati medi giornalieri riscontrati erano di 151 per il 9 e 11 febbraio e di 102 $\mu g/m^3$ per il 10 febbraio, contro valori registrati dalle Centraline ARPAC per il solo NO_2, mai superiori a 95 $\mu g/m^3$.

Infine per l'ozono (O_3) i dati misurati da ETL BUS risultavano di 57 e 114 $\mu g/m^3$ rispettivamente per il 9 e 10 febbraio e di 71 per il giorno 11, contro valori registrati dalle Centraline ARPAC mai superiori a 39 $\mu g/m^3$. Come detto però la Centralina ARPAC più vicina a via Consalvo (quella della scuola Silio Italico a Fuorigrotta) è da tempo non funzionante; quindi i dati di confronto si riferiscono a quartieri abbastanza distanti dalla stessa via Consalvo.

Per altro i valori medi orari presentavano alcuni picchi che sforavano di poco la normativa sugli Standard della Qualità dell'Aria.

Comunque la postazione fissa dell'ETL BUS in questo caso è situata in una zona ad alto traffico e ciò spiega i valori più alti registrati per NO_x e O_3 rispetto a quelli misurati in altre zone della Città. Invece i dati relativamente bassi del CO vengono spiegati con la volatilità e densità ridotta di questo gas che lo allontana rapidamente dalla postazione dell'ETL BUS, mentre il valor medi di altre aree cittadine risente meglio di una distribuzione diffusa su tutta l'area urbana.

Commento complessivo alle determinazioni sperimentali effettuate nelle fasi caratterizzate da clima invernale:

Anche se a distanza di un anno, le misure effettuate a dicembre sia nel 2009 che nel 2010 in località anche abbastanza distanti (località nei dintorni di Caserta o siti della Città di Napoli) sembrano abbastanza concordi tra loro e concordanti con i dati riportati dalle Centraline ARPAC in quartieri dei due Capoluoghi distanti anche alcuni km fra di loro e fra le località studiate. Ovviamente non sono considerati in questo commento i dati misurati nelle giornate di fine anno caratterizzate dalle esplosioni ripetute e continue di fuochi artificiali. Le due indagini a distanza di un anno sembrano peraltro offrire una considerevole affidabilità all'indagine sperimentale condotta con i limitati strumenti a disposizione e ciò può essere di garanzia per future indagini sul territorio e integrare i dati delle Centraline fisse e validare ulteriori indagini condotte con simulazioni di calcolo parallelo che utilizzano la catena di programmi WRF-EMEP-CHIMERE.

Appendice:

dalla Legge di stato dei gas ideali $pV = nRT$

per l'aria la concentrazione molare è:

$C = n/V = p/RT$

dove R è la costante universale dei gas = 8,31447 in [L x bar/ K x mole] x 10^{-2}

e quella dell'inquinante i

$C_i = m_i \times 10^{-9}/(M_i)$

dove m_i è la massa in μg e M_i è il peso molecolare dell'inquinante i.

In condizioni ideali, come si possono assumere in questi casi, il rapporto di mescolamento sarà C_i/C in ppbv (parti per miliardo – in inglese billion – in volume), quindi la concentrazione c_i in μg/m^3 sarà dato, a 995 mbar e 288 K (15°C), da:

c_i [μg/m^3] = (0,995 x 10^2 x M_i / 8,31447 x 288) x (C_i)[ppbv]

Nel caso dell'NO_2 (peso molecolare 46), **1 ppb**v corrisponderà a 1,9114 μg/m^3 a 15 °C (288 K) e alle altre T a 1,9114 x 288/T

per il CO (peso molecolare 28) il valore sarà 1ppbv = 1,1635 μg/m^3 a 15 °C (288 K) e alle altre T a 1,1635 x 288/T

per l'NO (peso molecolare 30) sarà 1ppbv =1,2466 μg/m^3 a 15 °C (288 K) e alle altre T a 1,2466 x 288/T

per l'O_3 (peso molecolare 48) sarà 1ppbv =1,9945 μg/m^3 a 15 °C (288 K) e alle altre T a 1,9945 x 288/T

in base ai rispettivi pesi molecolari e assumendo che il volume delle singole molecole in condizioni standard sia uguale.

SEQUENZA DELLE SCHEDE DEL WP5

Elaborazione e Validazione di scenari di inquinamento simulati.

WP5_Relazione Generale WP5

WP5-1_Relazione Generale Task 5.1. Elaborazione di nuovi scenari reali di inquinamento in una stagione meteorologica primaverile ed estiva.

WP5-1_A11_ Scenari 30 aprile – 2 giugno e 6 – 8 luglio (su DVD)

WP5-2_ Relazione Generale Task 5.2. Posizionamento del Laboratorio Mobile a integrazione dei dati sperimentali delle Centraline ARPAC.

WP5-3_ Relazione Generale Task 5.3. Nuova Banca dati da rilevazioni del Laboratorio Mobile e da nuovi dati dalle Centraline ARPAC.

WP5-3_A12_ Banca dati da Laboratorio Mobile (DUST SCANN) per le campagne di maggio 2011. (su DVD).

WP5-3_A13_ Banca dati da Laboratorio Mobile (ETL BUS) per le campagne da maggio a luglio 2011. (su DVD).

WP5-3_A14_ Banca dati dalle Centraline ARPAC da aprile a luglio 2011 (su DVD).

WP5-4_ Relazione Generale Task 5.4. Analisi dei nuovi dati integrati e raccolti in una nuova stagione climatica; confronto con gli Scenari reali.

WP5-5_ Relazione Generale Task 5.5. Elaborazione di Scenari previsionali simulati per possibili variazioni tecnologiche nelle emissioni oppure per nuovi insediamenti produttivi o di servizio.

WP5-5_A15_Banca dati delle simulazioni di scenari forzati (su DVD)

WP5-5_A16_ Simulazioni di emissioni e ricadute da un camino di un nuovo insediamento di servizio a Napoli Est tramite il programma WindImula (su DVD).

Relazione Generale WP5

Come descritto nell'allegato **Derivable D1 ("*Programma di ricerca*")**, lo scopo finale del Work-Packages 5 è quello di giungere alla Elaborazione e Validazione di scenari di inquinamento previsionali simulati in condizioni emissive dovute a variazioni tecnologiche o a diverse normative o infine a nuovi insediamenti produttivi o di servizio nel territorio regionale.

Per una più estesa base di confronto si è preferito quindi sviluppare sia dei nuovi scenari realistici e nuove campagne sperimentali di misure in differenti condizioni meteo-climatiche (primavera ed estate 2011) (Task 5.1 – 5.4). Partendo anche da queste nuove elaborazioni e misure nel Task 5.5 sono stati prodotti degli scenari previsionali simulati.

In definitiva il Work Package WP5 è stato articolato nei seguenti Task:

5. **Task 5.1 → Elaborazione di Scenari reali di inquinamento.**
6. **Task 5.2 → Posizionamento del Laboratorio mobile e integrazione dati Centraline ARPAC.**
7. **Task 5.3 → Nuova Banca dati da rilevazioni del Laboratorio Mobile e nuovi dati da Centraline ARPAC.**
8. **Task 5.4 → Analisi dei nuovi dati integrati e raccolti in una nuova stagione climatica; confronto con gli Scenari reali prodotti.**
9. **Task 5.5 → Elaborazione di Scenari previsionali simulati per possibili variazioni tecnologiche nelle emissioni regionali ovvero per nuovi insediamenti produttivi o di servizio.**

Il **Task 5.1** consiste nella elaborazione di uno o più Scenari reali, relativi a episodi di inquinamento recenti nell'area della Regione Campania, utilizzando il modello di emissioni per la Regione Campania e territori viciniori fornito dal Consorzio EMEP, per i mesi dell'anno 2011 (stagioni primaverile ed estiva). I dati di emissione EMEP, utilizzati in simulazioni condotte con la Catena WRF-EMEP-CHIMERE, hanno contribuito alla elaborazione dei nuovi Scenari stagionali di inquinamento.

Il **Task 5.2** consiste nella definizione dei siti dove posizionare il Laboratorio Mobile e pianificazione di una nuova campagna di misure in relazione anche alla rete esistente delle Centraline ARPAC in modo da **confrontarne e integrarne i dati**.

Il **Task 5.3** consiste nella costruzione di tre nuovi Database implementati con le misure dirette delle concentrazioni di polveri sottili e inquinanti gassosi, ottenute tramite l'utilizzo del Laboratorio mobile (**Allegati WP5--3_A12** e **WP5--3_A13**) e i dati rilevati dalle Centraline ARPAC ancora funzionanti (**Allegato WP5-3_A14**).

Le quattro nuove Banche Dati (WP5-3_A11, _A12, _A13, _A14), così ottenute, consentono il confronto (**Task 5.4**), nelle nuove condizioni Meteorologiche (primaverili ed estive), fra i nuovi Scenari di inquinamento calcolati e i dati raccolti appositamente nella nuova campagna di misure.

Inoltre consentono un raffronto con gli scenari realistici ottenuti nella precedente stagione meteorologica (autunno-inverno 2010-2011 e con i relativi dati sperimentali (**Task 4.3** e **Task 4.4).**

Il **Task 5.5** è stato quindi dedicato alla **elaborazione di Scenari previsionali simulati** per variazioni nelle emissioni di inquinanti gassosi e di particolato a seguito di nuove regolamentazioni e restrizioni nel traffico o alla implementazione di nuove tecnologie energetiche e produttive (Allegati WP5-5_A15 e WP5-5_A16), o per la presenza di nuovi insediamenti produttivi o di servizio sul territorio regionale

WP5-1_Relazione Generale Task 5.1

Elaborazione di scenari di inquinamento prodotti in differenti contesti meteorologici (primavera 2011 ed estate 2011) rispetto ai precedenti riportati nella Relazione WP4-4.

Questa nuova applicazione della Catena WRF-EMEP-CHIMERE viene sviluppata in connessione con una situazione meteorologica (primavera 2011) differente da quella del TASK 4.4 (autunno-inverno 2010-2011 e periodo semi-primaverile 2011), per saggiare la potenzialità dell'approccio modellistico e consentire di fare raffronti tra le differenti ***Qualità dell'Aria*** regionale in differenti condizioni meteorologiche.

E' stato possibile in tal modo stimare le emissioni e individuare le aree principali di dispersione e ricaduta nelle nuove condizioni meteorologiche e definire il nuovo scenario di inquinamento.

Gli scenari prodotti nel TASK 5-1 sono stati articolati in sette fasi:

- 30 aprile – 7 maggio
- 7 maggio – 13 maggio
- 16 – 21 maggio
- 21 – 25 maggio
- 25 – 29 maggio
- 29 maggio – 2 giugno
- 4 – 8 luglio

Gli scenari relativi alle coppie di periodi consecutivi presentano un giorno di sovrapposizione, necessario per controllare eventuali problemi di inizializzazione che possono inficiare il primo giorno di simulazione.

Come per i TASK 4-1 e seguenti, gli Output della Catena **WRF-EMEP-CHIMERE** si possono poi confrontare con una serie di dati di concentrazioni misurate per alcuni inquinanti gassosi e polveri sottili, ottenute da varie fonti.

3) Dati dalle Centraline fisse ARPAC della Regione Campania:
   il reperimento di questi dati dalla rete è stato effettuato in più riprese da un ex Borsista del Dipartimento di Chimica.
4) Dati ottenuti da campagne condotte dal personale della CERTITEC e da un borsista/docente del Dipartimento di Chimica, utilizzando strumentazioni di detta Ditta e del Dipartimento di Chimica della Università FEDERICO II.

I punti 1) e 2) consentiranno un confronto tra gli scenari prodotti, i dati delle centraline ARPAC e le misure effettuate dal Laboratorio mobile (vedi i Task seguenti WP5-2, -3 e -4).

WP5-1) Analisi degli Scenari rappresentati come Mappe

WP5-1_1 → Polveri sottili (PM_{10}).

Fase caratterizzata da clima primaverile ed estivo.

Dal 30 aprile al 13 maggio: in questo periodo di maggio, con clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano per le polveri sottili (PM_{10}) valori orari nella prima settimana compresi tra 10 e 24 $\mu g/m^3$ nelle aree urbane, con valori invece di 36 – 42 $\mu g/m^3$ con punte fino a 60 $\mu g/m^3$ sulla Circonvalla= zione esterna di Napoli, sull'Asse mediano, sul nodo delle Autostrade Caserta – Salerno con quella Napoli - Canosa/Bari, sul nodo tra questa ultima e le strade di raccordo con Benevento e Salerno rispettivamente e infine sul Distretto industriale di Avellino Est.

Nella seconda settimana i valori calcolati erano compresi tra 16 e 32 $\mu g/m^3$ sia nell'area di Napoli che in quelle di Avellino e Salerno, con punte di 40 - 42 $\mu g/m^3$, mentre si registravano valori di 25 - 45 $\mu g/m^3$ sui tronchi e i nodi autostradali e stradali, con punte di 60 (il lunedì 9 nelle primissime ore del mattino, quando presumibilmente si rimettono in moto i TIR).

Nel periodo dal 16 al 29 maggio gli Scenari prodotti suggeriscono valori di PM_{10} compresi tra 18 e 35 $\mu g/m^3$ sulle aree di Napoli e Salerno, con valori minori di 7 – 13 $\mu g/m^3$ su Avellino e di 45 $\mu g/m^3$ su Acerra. Nello stesso periodo si registravano valori di 25 -50 $\mu g/m^3$ sui nodi autostradali e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, con punte massime di 60 – 80 $\mu g/m^3$ al solito all'alba di lunedì 16.

Nel periodo dal 29 maggio al 2 giugno gli Scenari prodotti suggeriscono valori di PM_{10} compresi tra 18 e 38 $\mu g/m^3$ sull' area di Napoli e tra 24 e 45 $\mu g/m^3$ con punte di 60 - 65 $\mu g/m^3$ in corrispondenza dei nodi autostradali nelle ore del tardo pomeriggio.

Nel periodo dal 4 all' 8 luglio gli Scenari prodotti suggeriscono valori di PM_{10} compresi tra 30 e 36 $\mu g/m^3$ sull' area di Napoli e di 45 – 65 $\mu g/m^3$ nelle notte 6/7 luglio in corrispondenza di una probabile tempesta di sabbia da OSO.

Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno: questo profilo è prodotto nel primo stadio della catena di simulazione (cioè il modulo WRF).

Nota bene: i dati riportati nell'analisi degli scenari, per quello che riguardano i valori massimi, (si vedano gli sforamenti dalle medie orarie consentite dalle Normative di Legge, segnati sopra in rosso) si riferiscono ad aree del territorio Campano distanti dai Capoluoghi

come riportato sopra. I valori minori delle simulazioni si riferiscono invece ai Capoluoghi di Provincia o ad Acerra. Gli scenari in realtà danno gli andamenti ora per ora per i vari giorni con evidenti punte di massima nelle ore del tardo pomeriggio e della sera. Essi altresì tengono conto delle condizioni meteorologiche per cui i massimi più accentuati vengono riscontrati nei periodi secchi anche invernali, mentre tendono ad abbassarsi, almeno per il PM_{10}, nei giorni di pioggia e nelle ore più piovose.

Complessivamente quindi si può ben ritenere che i dati forniti dagli Scenari sviluppati con le Metodologie e i Programmi presentati in questo Progetto siano del tutto coerenti con i limitati dati forniti dalle centraline urbane fisse. Gli Scenari per altro mostrano l'esistenza di dati di inquinamento più accentuati di quelli misurati nelle città e che si presentano in particolare sugli Assi viari principali della Regione e sui Distretti industriali dove non vi sono strumentazioni per il monitoraggio continuo dell'inquinamento. Inoltre gli Scenari forniscono un quadro molto più dettagliato, non solo spaziale, ma anche nella sua evoluzione oraria nel corso delle singole giornate.

WP5-1_2 → Biossido di Azoto (NO_2).

Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è sempre il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno.

Gli scenari forniscono delle rappresentazioni molto dettagliate, essendo riportate per ogni ora del giorno. I risultati prodotti dagli scenari possono essere ancor più affidabili se non si tiene conto del primo giorno di simulazione, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.

Dal 30 aprile al 13 maggio (si noti che i due scenari settimanali presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 8 e 24 ppbv, corrispondenti rispettivamente a 15 e 45 $\mu g/ m^3$ con punte in Napoli centro che arrivano anche a 35 – 50 ppbv (66 – 95 $\mu g/ m^3$). *(T media stimata 22 °C).*

I valori calcolati nel periodo dal 16 al 25 maggio 2011 rispecchiano abbastanza fedelmente l'andamento delle prime settimane del mese.

Dal 25 maggio al 2 giugno (si noti anche qui che i due scenari settimanali presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 5 e 27 ppbv,

corrispondenti rispettivamente a 9 e 50 μg/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 33 – 55 ppbv (61 – 101 μg/ m^3). *(T media stimata 25 °C).*

Nel periodo dal 4 all' 8 luglio con clima estivo, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 7 e 35 ppbv, corrispondenti rispettivamente a 13 e 64 μg/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 45 – 80 ppbv (82 – 145 μg/ m^3) nelle prime ore del mattino e nelle tarde ore della sera. *(T media stimata 30 °C).*

Questa analisi può essere confortata da valori ottenuti sperimentalmente in alcune ore di alcuni giorni particolari o meglio da una analisi molto accurata delle Mappe di distribuzione degli inquinanti sul territorio, cosa che sarà possibile in un DEMO che seguirà questa Relazione.

In tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).

WP5-1_3 → Monossido di carbonio (CO).

Dal 30 aprile al 13 maggio (si noti che i due scenari settimanali presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 0,16 e 0,45 ppmv, corrispondenti rispettivamente a 0,18 e 0,52 mg/ m^3 con valori più elevati nelle primissime ore del mattino, ma anche tra le 18 e le 20.

Il massimo all'alba è da imputare a calma nei venti e ai motori freddi e al parco macchine obsoleto, nei limiti in cui la catena WRF - EMEP - CHIMERE riesce a valutare questi dettagli. Una punta massima di 0,70 ppmv (0,81mg/ m^3) è stata calcolata alle 7 di mattina del 4 maggio, questa dovrebbe essere legato a condizioni di accumulo nella pausa tra le diverse direzioni delle brezze notturne e mattutina. I massimi serali sono invece da imputare a condizioni di ingorgo di traffico nelle strade urbane ("stop and go") al rientro serale e di nuovo a condizioni di calma di vento.

Nella seconda settimana i valori hanno oscillato ancora tra 0,16 e 0,45 ppmv (0,18 e 0,52 mg/ m^3) con valore estremo di 0,65 ppmv (0,75 mg/ m^3) alle 6 del giorno 7 maggio e alle 5 del 13 maggio.

Si noti che tutti i massimi si registrano in corrispondenza dell'area urbana di Napoli.

Nei primi giorni della seconda parte del mese, dal 16 al 25 maggio, l'andamento delle concentrazione si è mantenuto su valori minimi, mentre nei giorni successivi i valori sono più assimilabili a quelli della prima quindicina con massimi di 0,45 ppmv (0,52 mg/ m^3) con punte di 0,65 ppmv (0,75 mg/ m^3) alle 6 del 20 maggio e di 0,50 ppmv (0,58 mg/ m^3) alle 8 del 21 maggio.

Dal 25 maggio al 2 giugno (si noti anche qui che i due scenari settimanali presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 0.16 e 0.39 ppmv, corrispondenti rispettivamente a 0.18 e 0.44 mg/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 0.6 – 0.7 ppmv (0.67 – 0.79 mg/ m^3). *(T media stimata 25 °C).*
Nel periodo dal 4 all' 8 luglio con clima estivo, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 0.18 e 0.36 ppmv, corrispondenti rispettivamente a 0.20 e 0.40 mg/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 0.90– 1.10 ppmv (1.01 – 1.24 mg/ m^3) nelle prime ore del mattino e nelle tarde ore della sera. *(T media stimata 30 °C).*

<u>In tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).</u>

WP5-1_4 → Ozono (O_3).
Anche nel caso dell'O_3 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere; il confronto con le concentrazioni riportati nelle Mappe degli scenari sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.
I valori calcolati nell'ambito degli Scenari variano tra 35 e 45 ppbv (69 – 89 μg/ m^3) in tutto il periodo primaverile studiato (30 aprile – 2 giugno) con massimi di 60 - 70 ppbv (119 – 139 μg/ m^3); questi valori variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.
Nel periodo estivo (4 – 8 luglio) i valori calcolati hanno presentato dei valori inferiori anche di solo 15 – 25 ppbv (28 – 47 μg/ m^3) ma sempre con dei massimi di 60 - 70 ppbv (119 – 139 μg/ m^3).

<u>Questi valori sembrano apparentemente sovrastimati in quanto paragonabili o superiori a quelli dell'NO_2. Un primo elemento si riconnette al fatto che l'atmosfera della Regione Campania è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti</u> (NO_2 e O_3), e da componenti chimicamente riducenti. Oltre al CO tra questi ultimi vanno annoverati i composti organici volatili. ***<u>Questi ultimi provengono da varie fonti: da combustioni parziali, da emissioni di depositi di solventi o carburanti, da emissioni della vegetazione: l'insieme di queste sostanze (i "cosiddetti</u>***

precursori dell'ozono") impediscono un rapido consumo dell'ozono stesso ad opera di reazioni secondarie anche in condizioni di buona insolazione (come l' NO_2 anche l' O_3 tende ad essere fotoscisso dalla radiazione nel vicino U.V.).

Inoltre le medie giornaliere registrate nei primi giorni di aprile oscillavano tra 48 e 90 $\mu g/m^3$ con delle punte di 100 – 105 a Caserta ed Acerra.

Si osserva quindi frequentemente una situazione apparentemente abnorme non prevista dagli scenari di emissine EMEP e che è da imputare a particolari condizioni meteorologiche e di insolazione. Inoltre le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località costiere si ha un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.

Comunque in tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).

WP5-1_5→ Monossido di Azoto (NO)

Gli scenari suggeriscono valori che variano tra 0.2 e 3.5 ppbv (0,25 – 4,3 $\mu g/m^3$) per tutte le prime settimane di maggio a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica (principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è come detto il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno). Tuttavia negli ultimi giorni di maggio e i primi di luglio si calcolavano valori anche di 16 ppbv (19 $\mu g/m^3$) con una punta estrema (notte del 6 luglio) di 20 - 40 ppbv (24 – 47 $\mu g/m^3$).

Questi valori sembrano però sottostimati in quanto inferiori a quelli dell'NO_2 nel corso delle giornate, tranne che alle ore di molte mattine, quando sono paragonabili. In realtà all'atto della emissione da un motore o da una caldaia l'NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all'unità o addirittura a valori nettamente inferiori.

D'altra parte una analisi dei dati messi in rete dalla Regione Lazio suggeriscono dei rapporti $(NO + NO_2)/NO_2$ dell'ordine di 1.1 – 1.67 nell'atmosfera, valori che registrano la situazione una volta che i fumi caldi contenenti i due inquinanti si siano diluiti e mescolati con l'aria normale, e abbiano reagito con l'ossigeno atmosferico molto più concentrato di quello residuo negli stessi fumi fuoriuscenti dalla bocca del combustore, quale esso sia.

WP5-1_6→ Conclusione.

In conclusione si può affermare che complessivamente gli Scenari prodotti con il programma utilizzato sono stati validati soddisfacentemente nel periodo invernale e semiprimaverile: l'applicazione nel periodo primaverile, qui riportata, è quindi del tutto soddisfacente e potrà essere utilizzato anche per produrre previsioni.

Ciò verrà discusso nella Relazione WP5-5.

D11 - Scenari reali di inquinamento in nuove stagioni meteo-climatiche.

Le elaborazioni effettuate nel Task 5.1, consentiranno di creare scenari di inquinamento in differenti condizioni meteo-climatiche locali (ad esempio primavera ed estate) completando il quadro degli scenari reali che si possono verificare. Ciò costituisce anche la base per la elaborazione di scenari previsionali simulati in condizioni emissive dovute a variazioni tecnologiche o a diverse normative o infine a nuovi insediamenti produttivi o di servizio nel territorio regionale.

WP5-2_ Relazione Generale Task 5.2.

Posizionamento del Laboratorio Mobile a integrazione dei dati sperimentali delle Centraline ARPAC.

La strategia è quella di utilizzare le previsioni Meteo per alcuni giorni consecutivi a partire da una certa data e in base alla conoscenza della direzione e intensità probabile del vento del vento per posizionare il Laboratorio mobile in punti del territorio non coperti dalle Centraline ARPAC oppure, nel caso, nella stessa direzione ma a distanza diversa dalle stesse. Per l'area urbana di Napoli sono state scelte posizioni nella zona nord collinare e nella zona ovest a Fuorigrotta; per l'area extraurbana si sono scelte alcune postazioni nei pressi di nodi autostradali.

Il laboratorio mobile sarà utilizzato anche come supporto per trasportare e posizionare le strumentazioni in versione portatile in locali o siti protetti, ove non sia possibile sistemare stabilmente il furgone stesso. In altri casi il laboratorio mobile dovrà essere presidiato permanentemente per un numero sufficiente di ore.

Programma di Misure con il Laboratorio Mobile da maggio a luglio

Misure di maggio con attrezzatura DUST SCAN ed ETL BUS.

1) Da lunedì 2 maggio a venerdì 6 maggio: Stazione Monte S. Angelo presso il Dipartimento di Chimica del Campus Universitario, via Cinthia (Laboratorio 2° piano con affaccio su cortile interno). Il venerdì si scaricano i dati raccolti e si recuperano gli strumenti. Successivamente verranno analizzati i dati ottenuti (WP5-3) e riportati in una nuova Banca Dati (WP5-3_A12 e A_13).
2) Da lunedì 9 maggio a venerdì 13 maggio: via Nicolardi (terrazza) di edificio . Il venerdì si scaricano i dati raccolti e si recuperano gli strumenti. Successivamente verranno analizzati i dati ottenuti (WP5-3) e riportati in una nuova Banca Dati (WP5-3_A12 e A_13).
3) Da lunedì 16 maggio a lunedì 23 maggio: via Orsolone a Santa Croce 29 (terrazza) (nei pressi Ospedale Monadi). Il lunedì si scaricano i dati raccolti e si recuperano gli strumenti. Successivamente verranno analizzati i dati ottenuti (WP5-3) e riportati in una nuova Banca Dati (WP5-3_A12 e A_13).

Misure di maggio, giugno e luglio solo con attrezzatura ETL BUS.

4) Da venerdì 27 maggio a lunedì 30 maggio verranno effettuate le rilevazioni in un Edificio del Centro Direzionale (terrazzo ultimo piano).
5) Dal 30 giugno al 1° luglio verranno effettuate le rilevazioni di nuovo presso la sede di via Consalvo della CERTITEC.
6) Dal 1° al 4 luglio su di un terrazzo di un edificio a Capo Posillipo.
7) Dal 5 all’11 luglio a San Nicola la Strada su terrazzo di un edificio.
8) Il 12 luglio su piazzola autostradale di Nola.

Successivamente verranno analizzati i dati ottenuti (WP5-3) e riportati in una nuova Banca Dati (WP5-3_A_13).

Posizionamento e scarico dati da DUST SCAN verranno eseguiti dal personale del Dipartimento di Chimica e dalla con SISTEMA SERVIZI CONSULTING sotto la guida del Responsabile Scientifico;
Posizionamento e scarico dati da ETL BUS verranno eseguiti dalla CERTITEC in collaborazione con SISTEMA SERVIZI CONSULTING sotto la responsabilità della CERTITEC.
Il calendario delle rilevazioni con laboratorio mobile è riportato in A9bis

D12 – Rete di Campionamento e Simulazione. La rete di campionamento rappresenta l’insieme dei siti nei quali verrà posizionato il Laboratorio Mobile per eseguire le rilevazioni dei gas e delle polveri sottili; essi sono stati individuati in relazione alle zone in cui è stato suddiviso il territorio regionale ed alle modalità di campionamento.

<u>Tabella punti della Rete</u>

<u>Piantina della Rete - All. (A.9 ter) planimetrie con la collocazione delle postazioni mobili e quelle delle centraline nell’area urbana di Napoli) (A9-Qater)</u>

WP5-3_Relazione Generale Task 5.3.

Nuove Banche dati da rilevazioni del Laboratorio Mobile e da nuovi dati dalle Centraline ARPAC.

Dopo il posizionamento del laboratorio mobile sono state eseguite le rilevazioni dalla CERTITEC con le strumentazioni ETLBUS e dalla SISTEMA SERVIZI CONSULTING con le strumentazioni DUSTSCAN nei vari siti individuati per effettuare la seconda campagna di rilevazione **(Relazione WP5-2),** successivamente si è proceduto all'analisi tecnica sulla validità del dato da parte della SISTEMA SERVIZI CONSULTING infine è stata eseguita dalla CERTITEC e dalla SISTEMA SERVIZI CONSULTING l'elaborazione dei dati rilevati i cui risultati sono stati contestualmente analizzati dai ricercatori.

Come nel Task 4.3 i dati rilevati hanno non solo alimentato due nuove Banche dati (**Allegati WP5-3_A12** e **WP5-3_A13**) relative alle nuove condizioni meteorologiche primaverili ed estive, ma sono serviti per il confronto con i nuovi scenari d'inquinamento sviluppati dal polo di calcolo parallelo nella diversa stagione climatica **(Task 5.4).**

Una nuova Banca Dati (**Allegato WP5-3_A14**) contiene i corrispondenti dati ottenuti dalle Centraline ARPAC nel periodo da maggio a luglio 2011, oltre a quelli già riportati di marzo e aprile 2011.

Campagne di misure delle polveri sottili (PM_{10}) e di inquinanti gassosi ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO) e ozono (O_3).

Rilevazioni sono state effettuate nei seguenti periodi:

dal 2 al 5 maggio 2011 presso il Dipartimento di Chimica del Campus Universitario di Monte S. Angelo - via Cintia;

dal 9 al 13 maggio 2011 presso via Nicolardi su di una terrazza di un edificio (piano alto);

dal 16 al 23 maggio 2011 presso via Orsoline a Santa Croce, nei pressi dell'Ospedale Monaldi su di una terrazza di un edificio (piano alto);

da venerdì 27 maggio a lunedì 30 maggio 2011 presso un edificio del Centro direzionale (terrazzo piano alto);

dal 30 giugno al 1° luglio 2011(per i soli inquinanti gassosi) di nuovo presso la sede CERTITEC di via Consalvo;

dal 1° al 4 luglio 2011(per i soli inquinanti gassosi) su di un terrazzo di un edificio a Capo Posillipo;

dal 5 all'11 luglio 2011 (per i soli inquinanti gassosi) a San Nicola la Strada su di un terrazzo di un edificio;

il 12 luglio (per i soli inquinanti gassosi) su piazzola autostradale di Nola.

In molti di questi casi è stato utilizzato il laboratorio mobile come supporto per trasportare e sistemare la strumentazione in versione stampabile su postazioni fisse e protette, il altri casi il laboratorio mobile ha operato direttamente su strada;

I dettagli dei risultati sono riportati in dettaglio negli **Allegati WP5-3_A12** e **WP5-3_A13** rispettivamente. Qui vengono commentati sinteticamente.

5-3.1 –Misure delle polveri sottili (PM_{10}).

Per le polveri sottili (PM_{10}) i valori medi misurati a Monte S. Angelo mediante il DUST SCAN (e corretti per la calibrazione dello strumento) in ciascun giorno hanno oscillato tra 6.6 e 26.6 $\mu g/m^3$;

quelli misurati a via Nicolardi tra 4.8 e 17.5;

quelli misurati nei pressi del Monaldi tra 4,5 e 28,7 $\mu g/m^3$.

Nei giorni dal 30 aprile al 13 maggio e dal 16 al 25 maggio (qui si riportano risultati che verranno ripresi anche in WP5-4) le poche Centraline ARPAC ancora in funzione a Napoli registravano valori medi giornalieri compresi tra 16 e 40 $\mu g/m^3$ nelle prime due settimane e di 16 e 34 $\mu g/m^3$ nel secondo periodo (16 – 25 maggio), quando in realtà a Napoli era rimasta in funzione una solo centralina. Si tenga presente che in questa settimana si sono verificati eventi di turbolenza meteo con frequenti acquazzoni e temporali che possono avere parzialmente abbattuto le polveri sottili.

Sembra evidente che le differenze tra i dati delle Centraline ancora in funzione a Napoli e i dati misurati con le strumentazioni del Laboratorio Mobile siano legate alle differenti condizioni di ventilazione in atto nei vari siti urbani di Napoli.

Le uniche centraline ancora in funzione ad Avellino e Salerno segnalavano valori rispettivamente compresi tra 14 e 20 e tra 18 e 34 $\mu g/m^3$, con una punta di 53 $\mu g/m^3$ il giorno 14 maggio. Le due centraline ARPAC di Acerra registravano valori medi giornalieri compresi tra 7 e 42 $\mu g/m^3$ con una punta di 51 $\mu g/m^3$ il giorno 3 maggio in una di esse (in rosso i lievi sforamenti della Normativa).

Nota bene: in tutto il mese di maggio le centraline ARPAC di Caserta e Benevento non fornivano alcun risultato per il PM_{10}, mentre qualche dato era registrato per il $PM_{2.5}$ così come in alcune centraline di Napoli (Scuola Vanvitelli) e di Salerno (ASL 2) con valori quasi sempre inferiori a quelli del PM_{10}, di cui rappresentano una frazione più sottile, ma misurati in differenti centraline delle stesse città.

5-3.2 – Misure degli inquinanti gassosi.

6 - 8 aprile 2011

Per gli NO_x i valori misurati a via Consalvo (Certitec) oscillavano tra 50 e 250 $\mu g/m^3$.

Per il CO i valori misurati non superavano 1,5 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 20 e 120 $\mu g/m^3$.

2 - 5 maggio 2011

Per gli NO_x i valori medi misurati a Monte s. Angelo oscillavano tra 3,2 e 150 $\mu g/m^3$.

Per il CO i valori medi misurati non superavano 0,6 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 115 e 208 $\mu g/m^3$.

9 - 13 maggio 2011

Per gli NO_x i valori medi misurati a via Nicolardi oscillavano tra 3,6 e 15,2 $\mu g/m^3$.

Per il CO i valori medi misurati non superavano 0,2 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 115 e 210 $\mu g/m^3$.

16 - 23 maggio 2011

Per gli NO_x i valori medi misurati nei pressi del Monaldi oscillavano tra 1,9 e 28,3 $\mu g/m^3$.

Per il CO i valori medi misurati non superavano 0,8 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 134 e 180 $\mu g/m^3$.

27 – 30 maggio Edificio del Centro direzionale (terrazzo ultimo piano);

Per gli NO_x i valori misurati oscillavano tra 30 e 140 $\mu g/m^3$.

Per il CO i valori misurati non superavano 0,6 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 55 e 185 $\mu g/m^3$.

30 giugno – 1° luglio di nuovo presso la sede di via Consalvo;

Per gli NO_x i valori misurati oscillavano tra 200 e 310 $\mu g/m^3$.

Per il CO i valori misurati non superavano 1,2 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 42 e 69 $\mu g/m^3$.

1 – 4 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio a Capo Posillipo;

Per gli NO_x i valori misurati non superavano 100 $\mu g/m^3$.

Per il CO i valori erano al di sotto della sensibilità dello strumento;

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 20 e 120 $\mu g/m^3$.

5 – 11 luglio 2011 a San Nicola la Strada, presso il nodo autostradale;

Per gli NO_x i valori misurati oscillavano tra 150 e 350 - 400 $\mu g/m^3$.

Per il CO i valori misurati superavano spesso i 5 mg/m^3, ma con punte di 8 – 12 mg/m^3 l'11 luglio.

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 20 e 140 $\mu g/m^3$.

12 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio di Nola;

Per gli NO_x i valori misurati oscillavano tra 245 e 252 $\mu g/m^3$.

Per il CO i valori misurati oscillavano tra 2 e 3 mg/m^3.

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 38 e 47 $\mu g/m^3$.

(In rosso gli sforamenti dei limiti di attenzione previsti dalla Normativa di Legge).

Per quel che riguarda il valore registrato in un orario di forte traffico a via Consalvo (Fuorigrotta) per gli NO_x il livello di sforamento di 250 $\mu g/m^3$ non è stato in realtà raggiunto perché esso si riferisce al solo NO_2 e non alla somma di tutti gli ossidi di azoto, lo stesso dicasi per i dati registrati a Nola.

Molto più grave è invece la situazione registrata a San Nicola la Strada nei pressi del nodo delle autostrade, come era da aspettarsi.

Per gli NO_2 le medie giornaliere registrate dalle Centraline nei Capoluoghi nei primi giorni di aprile forniscono solo pochi valori, compresi tra 9 e 50 $\mu g/m^3$, situazione che si ripete nei giorni successivi.

Per tutto il mese di maggio e giugno le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano a secondo dei giorni tra 11 e 43 $\mu g/m^3$ per le 1, 2 o in qualche caso 3 stazioni funzionati a Napoli Città, tra 11 e 45 $\mu g/m^3$ per una centralina di Salerno (fino al 3 giugno), tra 9 e 39 $\mu g/m^3$ per due delle centraline di Acerra. Qualche misura isolata in questi stessi intervalli venivano registrata da una centralina di Caserta e da una di Benevento. Nel mese di luglio una solo Centralina di Napoli (Ospedale Santobono) registrava valori di NO_2 compresi tra 22 e 62 $\mu g/m^3$, con tendenza a crescere verso la metà del mese.

Per il CO l'unica centralina in funzione era quella di Napoli Ferrovia che ha registrato valori compresi tra 0,6 e 1,4 mg/m^3 quando non erano al di sotto della soglia di sensibilità della

strumentazione automatica. A partire dal 18 giugno anche questa Centralina ha smesso di funzionare.

Per l'ozono le medie giornaliere registrate nei primi giorni di aprile oscillavano tra 48 e 90 $\mu g/m^3$ con delle punte di 100 – 105 a Caserta ed Acerra. Per tutto il mese di maggio e giugno le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano a secondo dei giorni tra 24 e 96 $\mu g/m^3$ per due di quelle di Napoli (qualche giorno ne funzionavano anche 4); valori tra 43 e 95 $\mu g/m^3$ venivano registrati da una centralina a Benevento, tra 35 e 106 $\mu g/m^3$ in una centralina di Salerno e tra 62 e 104 $\mu g/m^3$ per le due di Acerra. A partire dal 28 giugno tutte le Centraline di Napoli Città hanno smesso di funzionare, tranne quella dell'Ospedale Santobono che nella prima decade di luglio registrava valori compresi tra 79 e 114 $\mu g/m^3$.

Nota bene: per tutto il periodo di giugno e luglio le Centraline di Avellino, Benevento e Caserta (nonché quelle di Salerno a partire dal 4 giugno) erano fuori servizio.

Anche in questo caso sembra evidente che le eventuali differenze tra i dati delle Centraline ancora in funzione a Napoli (medie giornaliere) e i dati misurati con le strumentazioni del Laboratorio Mobile siano legate alle differenti condizioni di ventilazione in atto nei vari siti urbani di Napoli, nonché al fatto che i i dati delle Centraline vengono mediati su tutta la giornata attenuando gli estremi dei picchi orari.

Lo stato di funzionamento delle Centraline ARPAC durante il periodo da aprile a luglio 2011 è andato progressivamente decadendo fino al blocco di quasi tutte nei mesi da maggio a luglio e ciò a causa della mancanza di manutenzione per le note vicende amministrativo giudiziarie.
La questione è stata anche sollevata su qualche settimanale nazionale.
A prescindere dai problemi legati alla crisi finanziaria e al taglio dei finanziamenti non si può qui non segnalare che la Regione Campania e i Comuni interessati non hanno più a disposizione gli strumenti tecnici per produrre e giustificare scientificamente qualsiaisi intervento politico e amministrativo che abbia la Qualità dell'Aria come riferimento di gestione e di garanzia sanitaria.

D13 – Banche Dati (da rilevazione mobile e da dati ARPAC).

Attraverso il Task 5.3 è stato possibile creare nuove Banca Dati, dalle rilevazione del laboratorio mobile e dai dati delle Centraline ARPAC, da affiancare e confrontare con quelle create nel Task 4.3. Anche queste Banche Dati delle rilevazioni del laboratorio mobile sono state create ed elaborate dalla CERTITEC e dalla SISTEMA SERVIZI CONSULTING con

hardware e software sia del laboratorio mobile e sia di postazioni fisse per consentire un output di studio ed analisi dello stato di inquinamento al momento, da parte dei ricercatori.

TASK 5.4 – Relazione Generale Task 5.4.

Analisi dei nuovi dati integrati e raccolti in una nuova stagione climatica; confronto con gli Scenari simulati.

I data-base che riportano le misure dirette delle concentrazioni di particolato PM_{10} e di alcuni inquinanti gassosi, ottenute tramite l'utilizzo del laboratorio mobile (Allegati WP5-3_A12 e _A13) e delle Centraline ARPAC (Allegati WP5-3_A14) (**Task 5.3**) permettono di confermare il "*Modello di Qualità dell'aria*", dettagliatamente descritto nel WP3, che è stato già validato nella relazione WP4-4 (**Task 4.4), e** il cui utilizzo ha reso possibile la produzione di scenari realistici di inquinamento, nelle nuove condizioni meteorologiche primaverili.

WP5-4_1.1 Confronto tra i dati rilevati dagli strumenti del Laboratorio Mobile e quelli misurati dalle Centraline ARPAC.

Misure delle polveri sottili (PM_{10})

Nei giorni dal 30 aprile al 13 maggio e dal 16 al 25 maggio le poche **Centraline ARPAC** ancora in funzione **a Napoli** registravano valori medi giornalieri compresi tra 16 e 40 $\mu g/m^3$ nelle prime due settimane e di 16 e 34 $\mu g/m^3$ nel secondo periodo (16 – 25 maggio), quando in realtà a Napoli erano rimaste in funzione solo, e non tutte e due sempre, le centraline dell'ITIS di Via Argine e delle Ferrovie.
Le uniche centraline ancora in funzione **ad Avellino e Salerno** segnalavano valori rispettivamente compresi tra 14 e 20 e tra 18 e 34 $\mu g/m^3$, con una punta di 53 $\mu g/m^3$ il giorno 14 maggio. Le due centraline ARPAC di Acerra registravano valori medi giornalieri compresi tra 7 e 42 $\mu g/m^3$ con una punta di 51 $\mu g/m^3$ il giorno 3 maggio in una di esse.

Nota bene: in tutto il mese di maggio le centraline ARPAC di Caserta e Benevento non fornivano alcun risultato.

Rilevazioni con il Laboratorio Mobile sono state effettuate nei seguenti periodi:
dal 2 al 5 maggio 2011 presso il Dipartimento di Chimica del Campus Universitario di Monte S.

Angelo - via Cintia;

dal 9 al 13 maggio 2011 su di una terrazza di un piano alto di via Nicolardi;

dal 16 al 23 maggio 2011 su di una su di una terrazza di un piano alto di via Orsoline a Santa Croce, nei pressi dell'Ospedale Monaldi.

I valori medi orari misurati a Monte S. Angelo (corretti per la calibrazione dello strumento) in ciascun giorno hanno oscillato tra 6.6 e 26.6 $\mu g/m^3$ a secondo dei giorni e dell'ora;

quelli misurati a via Nicolardi tra 4.8 e 17. 5 ;

quelli misurati nei pressi del Monaldi tra 4,5 e 28,7 $\mu g/m^3$.

Le differenze riscontrate tra i due sistemi di rilevazione rientrano nelle oscillazioni complessive riscontrate in tutto il periodo primaverile e dipendono dalla diversa collocazione sul territorio cittadino delle stazioni fisse (Centraline) e postazioni del Laboratorio mobile.

Nota bene: in tutto il mese di maggio qualche dato era registrato per il $PM_{2.5}$ nella centralina della Scuola Vanvitelli al Vomero in Napoli con valori quasi sempre inferiori a quelli del PM_{10} , di cui rappresentano una frazione più sottile, ma più coerenti con quelli misurati dal Laboratorio Mobile.

WP5-4_1.2 Misure degli inquinanti gassosi.

Per gli NO_2 le medie giornaliere registrate dalle **Centraline ARPAC** nei Capoluoghi nei primi giorni di aprile forniscono solo pochi valori, compresi tra 9 e 50 $\mu g/m^3$, situazione che si ripete nei giorni successivi.

Per tutto il mese di maggio e giugno le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano a secondo dei giorni tra 11 e 43 $\mu g/m^3$ per le 1, 2 o in qualche caso 3 stazioni funzionati a Napoli Città, tra 11 e 45 $\mu g/m^3$ per una centralina di Salerno (fino al 3 giugno), tra 9 e 39 $\mu g/m^3$ per due delle centraline di Acerra. Qualche misura isolata in questi stessi intervalli venivano registrata da una centralina di Caserta e da una di Benevento. Nel mese di luglio una solo Centralina di Napoli (Ospedale Santobono) registrava valori di NO_2 compresi tra 22 e 62 $\mu g/m^3$, con tendenza a crescere verso la metà del mese.

Per gli NO_x (somma dei valori di NO_2 e NO) i valori misurati dallo strumento del Laboratorio Mobile a via Consalvo (CERTITEC) il 6 - 8 aprile 2011 oscillavano tra 50 e 250 $\mu g/m^3$.

I valori medi orari misurati dallo strumento del Laboratorio Mobile a Monte s. Angelo (2 – 5 maggio) oscillavano tra 3,2 e 27 $\mu g/m^3$ con un valore estremo di 150.

I valori medi orari misurati a via Nicolardi (9 – 13 maggio) oscillavano tra 3,6 e 15,2 $\mu g/m^3$ e infine

quelli misurati nei pressi del Monaldi (16 – 23 maggio) oscillavano tra 1,9 e 28,3 $\mu g/m^3$.
Sempre per gli NO_x i valori medi misurati il 27 – 30 maggio su di un edificio del Centro Direzionale (terrazzo ultimo piano) oscillavano tra 30 e 140 $\mu g/m^3$.
I valori misurati tra 30 giugno e 1° luglio di nuovo presso la sede di via Consalvo oscillavano tra 200 e 310 $\mu g/m^3$.
I valori misurati il 1 – 4 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio a Capo Posillipo non superavano 100 $\mu g/m^3$.
I valori misurati il 5 – 11 luglio 2011 a San Nicola la Strada, presso il nodo autostradale oscillavano tra 150 e 350 - 400 $\mu g/m^3$.
Per gli NO_x i valori misurati il 12 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio di Nola oscillavano tra 245 e 252 $\mu g/m$

Complessivamente l'accordo sembra buono, rimarcando di nuovo che le differenze riscontrate tra i due sistemi di rilevazione dipendono dalla diversa collocazione sul territorio cittadino delle stazioni fisse (Centraline) e postazioni del Laboratorio mobile.
(In rosso gli sforamenti dei limiti di attenzione previsti dalla Normativa di Legge).
Per quel che riguarda il valore registrato in un orario di forte traffico a via Consalvo (Fuorigrotta) per gli NO_x il livello di sforamento di 250 $\mu g/m^3$ non è stato in realtà raggiunto perché esso si riferisce al solo NO_2 e non alla somma di tutti gli ossidi di azoto, lo stesso dicasi per i dati registrati a Nola.
Molto più grave è invece la situazione registrata a San Nicola la Strada nei pressi del nodo delle autostrade, come era da aspettarsi.
E' possibile dimostrare attraverso un DEMO, che sarà allegato a questa Relazione, come si possa comunque concludere che le aree centro-occidentalidella Città di Napoli presentano un maggior inquinamento rispetto alla periferia orientale e alle zone collinari della città.

Per il CO l'unica **centralina ARPAC** in funzione era quella di **Napoli Ferrovia** che ha registrato valori compresi tra 0,6 e 1,4 mg/m^3 quando non erano al di sotto della soglia di sensibilità della strumentazione automatica. A partire dal 18 giugno anche questa Centralina ha smesso di funzionare.
Per il CO i valori misurati dallo strumento del Laboratorio Mobile a via Consalvo (CERTITEC) il 6 - 8 aprile 2011 non superavano 1,5 mg/m^3 .
I valori medi giornalieri misurati dal **Laboratorio Mobile** a Monte s. Angelo non superavano 0,6 mg/m^3; i valori medi giornalieri misurati a via Nicolardi non superavano 0,2 mg/m^3 e infine quelli

misurati nei pressi dell'Ospedale Monaldi non superavano 0,8 mg/m^3.

I valori misurati il 27 – 30 maggio (edificio del Centro direzionale terrazzo ultimo piano) non superavano 0,6 mg/m^3.

I valori misurati il 30 giugno – 1° luglio di nuovo presso la sede di via Consalvo non superavano 1,2 mg/m^3.

I dati del 1 – 4 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio a Capo Posillipo erano al di sotto della soglia di sensibilità dello strumento;

Per il CO i valori misurati il 5 – 11 luglio 2011 a San Nicola la Strada, presso il nodo autostradale; superavano spesso i 5 mg/m^3, ma con punte di 8 – 12 mg/m^3 l'11 luglio.

Infine i valori misurati il 12 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio di Nola oscillavano tra 2 e 3 mg/m^3.

Complessivamente anche in questo caso l'accordo sembra buono, rimarcando di nuovo che le differenze riscontrate tra i due sistemi di rilevazione dipendono dalla diversa collocazione sul territorio cittadino delle stazioni fisse (Centraline) e postazioni del Laboratorio mobile.

Per l'ozono le medie giornaliere registrate nei primi giorni di aprile oscillavano tra 48 e 90 μg/m^3 con delle punte di 100 – 105 a Caserta ed Acerra. Per tutto il mese di maggio e giugno le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano a secondo dei giorni tra 24 e 96 μg/m^3 per due di quelle di Napoli (qualche giorno ne funzionavano anche 4); valori tra 43 e 95 μg/m^3 venivano registrati da una centralina a Benevento, tra 35 e 106 μg/m^3 in una centralina di Salerno e tra 62 e 104 μg/m^3 per le due di Acerra. A partire dal 28 giugno tutte le Centraline di Napoli Città hanno smesso di funzionare, tranne quella dell'Ospedale Santobono che nella prima decade di luglio registrava valori compresi tra 79 e 114 μg/m^3.

Nota bene: per tutto il periodo di giugno e luglio le Centraline di Avellino, Benevento e Caserta (nonché quelle di Salerno a partire dal 4 giugno) erano fuori servizio.

Per l'O_3 i valori medi misurati dallo strumento del Laboratorio Mobile a via Consalvo (CERTITEC) il 6 - 8 aprile 2011 oscillavano tra 20 e 120 μg/m^3.

I valori medi orari misurati dal **Laboratorio Mobile** a Monte s. Angelo oscillavano tra 115 e 208 μg/m^3. I valori medi orari misurati a via Nicolardi oscillavano tra 115 e 210 μg/m^3. Infine quelli misurati nei pressi dell'Ospedale Monaldi oscillavano tra 134 e 180 μg/m^3.

Il 27 – 30 maggio (edificio del Centro direzionale terrazzo ultimo piano) i valori medi misurati oscillavano tra 55 e 185 μg/m^3.

Per l'O_3 i valori medi misurati il 30 giugno – 1° luglio di nuovo presso la sede di via Consalvo

oscillavano tra 42 e 69 μg/m^3 .

I valori medi misurati tra il 1 e il 4 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio a Capo Posillipo oscillavano tra 20 e 120   μg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati il 5 – 11 luglio 2011 a San Nicola la Strada, presso il nodo autostradale;

oscillavano tra 20 e 140 μg/m^3 .

Infine il 12 luglio 2011 i valori medi misurati su di un terrazzo di un edificio di Nola oscillavano tra 38 e 47 μg/m^3 .

In rosso i valori orari di sforamento rispetto alla Normativa registrati per l'ozono.

Anche in questo caso sembra evidente che le eventuali differenze tra i dati delle Centraline ancora in funzione a Napoli (medie giornaliere) e i dati misurati con le strumentazioni del Laboratorio Mobile siano legate alle differenti condizioni di ventilazione in atto nei vari siti urbani di Napoli, nonché al fatto che i i dati delle Centraline vengono mediati su tutta la giornata attenuando gli estremi dei picchi orari.

Per altro per l'ozono si aggiunge un fattore spazio-temporale, in quanto l'ozono non viene emesso direttamente dalle sorgenti inquinanti ma si forma, per azione dei raggi UV vicini al visibile, in ritardo nell'ambito della cascata di reazioni fotochimiche e chimiche, a partire dalla dissociazione del NO_2 in NO e Ossigeno atomico molto reattivo.

Nelle zone collinari quindi l'ozono si formerebbe in ritardo e in maggiore quantità; inoltre a causa del suo peso molecolare (48) maggiore di quello medio dell'aria (28,8) ristagnerebbe di più vicino al suolo.

WP5-4_2 Analisi degli Scenari rappresentati come Mappe e confronto con i dati delle Centraline ARPAC e quelli del Laboratorio Mobile.

WP5-4_2.1 → Polveri sottili (PM_{10}).

Fase caratterizzata da clima primaverile ed estivo.

Dal 30 aprile al 13 maggio: in questo periodo di maggio, con clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano per le polveri sottili (PM_{10}) valori orari nella prima settimana compresi tra 10 e 24 μg/m^3 nelle aree urbane, con valori invece di 36 – 42 μg/m^3 con punte fino a 60 μg/m^3 sulla Circonvallazione esterna di Napoli, sull'Asse mediano, sul nodo delle Autostrade Caserta – Salerno con quella Napoli – Canosa - Bari, sul nodo tra questa ultima e le strade di raccordo con Benevento e Salerno rispettivamente e infine sul Distretto industriale di Avellino Est.

Nella seconda settimana i valori calcolati erano compresi tra 16 e 32 μg/m^3 sia nell'area di Napoli

che in quelle di Avellino e Salerno, con punte di 40 - 42 μg/m^3 , mentre si registravano valori di 25 - 45 μg/m^3 sui tronchi e i nodi autostradali e stradali, con punte di 60 (il lunedì 9 nelle primissime ore del mattino, quando presumibilmente si rimettono in moto i TIR).
Nel periodo dal 16 al 25 maggio gli Scenari prodotti suggeriscono valori di PM_{10} compresi tra 18 e 35 μg/m^3 sulle aree di Napoli e Salerno, con valori minori di 7 – 13 μg/m^3 su Avellino e di 45 μg/m^3 su Acerra. Nello stesso periodo si registravano valori di 25 - 50 μg/m^3 sui nodi autostradali e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, con punte massime di 60 – 80 μg/m^3 al solito all'alba di lunedì 16.
Nel periodo dal 29 maggio al 2 giugno gli Scenari prodotti suggeriscono valori di PM_{10} compresi tra 18 e 38 μg/m^3 sull' area di Napoli e tra 24 e 45 μg/m^3 con punte di 60 - 65 μg/m^3 in corrispondenza dei nodi autostradali nelle ore del tardo pomeriggio.
Nel periodo dal 4 all' 8 luglio gli Scenari prodotti suggeriscono valori di PM_{10} compresi tra 30 e 36 μg/m^3 sull' area di Napoli e di 45 – 65 μg/m^3 nelle notte 6/7 luglio in corrispondenza di una probabile tempesta di sabbia da OSO.
Il principale riferimento geografico - visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno: questo profilo è prodotto nel primo stadio della catena di simulazione (cioè il modulo WRF).

Tenendo conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto per il PM_{10} sembra abbastanza soddisfacente dal punto di vista del programma di simulazione. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati ora per ora per ciascun giorno.

Nota bene: i dati riportati nell'analisi degli scenari, per quello che riguardano i valori massimi, si riferiscono ad aree del territorio Campano distanti dai Capoluoghi come riportato sopra. I valori minori delle simulazioni si riferiscono invece ai Capoluoghi di Provincia o ad Acerra. Gli scenari in realtà danno gli andamenti ora per ora per i vari giorni con evidenti punte di massima nelle ore del tardo pomeriggio e della sera. Essi altresì tengono conto delle reali condizioni meteorologiche per cui i massimi più accentuati vengono riscontrati nei periodi secchi anche invernali, mentre tendono ad abbassarsi, almeno per il PM_{10}, nei giorni di pioggia e nelle ore più piovose.
Complessivamente quindi si può ben ritenere che i dati forniti dagli Scenari sviluppati con le Metodologie e i Programmi presentati in questo Progetto siano del tutto coerenti con i limitati dati forniti dalle centraline urbane fisse. Gli Scenari per altro mostrano l'esistenza di dati di

inquinamento più accentuati di quelli misurati nelle città e che si presentano in particolare sui principali assi viari della Regione e sui Distretti industriali dove non vi sono strumentazioni per il monitoraggio continuo dell'inquinamento. Inoltre gli Scenari forniscono un quadro molto più dettagliato, non solo spaziale, ma anche nella sua evoluzione oraria nel corso delle singole giornate.

WP5-4_2.2 → Biossido di Azoto (NO_2).

Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno.
Inoltre bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto con le concentrazioni ottenute dalle simulazioni sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà forniscono delle rappresentazioni molto più dettagliate, essendo riportate per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno di simulazione, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.
Dal 30 aprile al 13 maggio (si noti che le due coppie di scenari relativi a periodi consecutivi presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) , gli Scenari prodotti in questo periodo di clima primaverile indicano valori di concentrazioni compresi tra 8 e 24 ppbv (15 – 45) $\mu g/m^3$ a secondo dell'ora e del giorno, con punte in Napoli centro che arrivano anche a 35 – 50 ppbv (66 -95) $\mu g/m^3$ (tra le 6 e le 8 del mattino di alcuni giorni).
I valori calcolati nel periodo dal 16 al 23 maggio 2011 rispecchiano abbastanza fedelmente l'andamento delle prime settimane del mese.
Dal 25 maggio al 2 giugno (si noti anche qui che i due scenari settimanali presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 5 e 27 ppbv, corrispondenti rispettivamente a 9 e 50 $\mu g/ m^3$ con punte in Napoli centro che arrivano anche a 33 – 55 ppbv (61 – 101 $\mu g/ m^3$).
Nel periodo dal 4 all' 8 luglio con clima estivo, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 7 e 35 ppbv, corrispondenti rispettivamente a 13 e 64 $\mu g/ m^3$ con punte

in Napoli centro che arrivano anche a 45 – 80 ppbv (82 – 145 μg/ m^3) nelle prime ore del mattino e nelle tarde ore della sera.

I valori meno elevati sono complessivamente abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC, quando disponibili, nei Capoluoghi e c on quelli di Acerra, ma le punte orarie relative all' area di Napoli città sembrano molto alte e localizzate in incroci stradali delle aree occidentali e centrali del Centro città, caratterizzate fortemente da persistenti ingorghi di traffico, in assenza di vento e presenza di forte insolazione caratteristica del periodo.

L'interpretazione di questi risultati richiede una analisi molto accurata delle Mappe di distribuzione degli inquinanti sul territorio, cosa che è possibile attraverso un DEMO che sarà allegato a questa Relazione. Infatti questa analisi dettagliata mostra che intorno ai picchi più alti di alcune aree di Napoli, dove tra l'altro non sono più in funzione le Centraline ARPAC, gli Scenari mostrano gradienti di diminuzione rapida della concentrazione degli inquinanti come NO_2 .

WP5-4_2.3 → Monossido di carbonio (CO).

Dal 30 aprile al 13 maggio: in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 0,16 e 0,45 ppbv corrispondenti a 0,18 – 0,52 mg/m^3 con valori più elevati nelle primissime ore del mattino, ma anche tra le 18 e le 20 (si noti il cambio di unità di misura per il CO rispetto a tutti gli altri inquinanti gassosi).
Il massimo all'alba è da imputare a calma nei venti e ai motori freddi e al parco macchine obsoleto, nei limiti in cui la catena WRF - EMEP - CHIMERE riesce a valutare questi dettagli. Una punta massima di 0,70 ppbv (0,81 mg/m^3) è stata calcolata alle 7 di mattina del 4 maggio, questa dovrebbe essere legato a condizioni di accumulo nella pausa tra le diverse direzioni delle brezze notturne e mattutina. I massimi serali sono invece da imputare a condizioni di ingorgo di traffico nelle strade urbane ("stop and go") al rientro serale e di nuovo a condizioni di calma di vento.
Nella seconda settimana i valori hanno oscillato ancora tra 0,16 e 0,45 ppbv (0,18 – 0,52 mg/m^3) con punte di 0,65 ppbv (0,75 mg/m^3) alle 6 del giorno 7 maggio e alle 5 del 13 maggio.
Si noti che tutti i massimi si registrano in corrispondenza dell'area urbana di Napoli.
Nei primi giorni della seconda parte del mese, dal 16 al 25 maggio, l'andamento delle concentrazione si è mantenuto su valori minimi, mentre nei giorni successivi i valori sono più assimilabili a quelli della prima quindicina con massimi di 0,45 ppbv (0,52 mg/m^3) con punte di 0,65 ppbv (0,75 mg/m^3) alle 6 del 20 maggio e di 0,50 ppbv (0,58 mg/m^3) alle 8 del 21 maggio.

Dal 25 maggio al 2 giugno (si noti anche qui che i due scenari settimanali presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 0.16 e 0.39 ppmv, corrispondenti rispettivamente a 0.18 e 0.44 mg/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 0.6 – 0.7 ppmv (0.67 – 0.79 mg/ m^3).

Nel periodo dal 4 all' 8 luglio con clima estivo, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 0.18 e 0.36 ppmv, corrispondenti rispettivamente a 0.20 e 0.40 mg/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 0.90– 1.10 ppmv (1.01 – 1.24 mg/ m^3) nelle prime ore del mattino e nelle tarde ore della sera.

In tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).

Comunque gli scenari prodotti potrebbero suscitare qualche perplessità, in quanto i valori simulati (0,18 – 0,52 mg/m^3), sono dell'ordine di diversi decimi di mg/m^3 , mentre i dati delle Centraline sono spesso ai limiti della sensibilità strumentale (0.1 mg/m^3) o addirittura non registrati. D'altra parte un rapido confronto con i dati riportati in rete per le Centraline della Regione Lazio e in particolare per Roma forniscono risultati sperimentali dello stesso ordine di grandezza di quelle delle Centraline Campane. Lo stesso si può dire per l'andamento dei dati annuali forniti per la provincia di Carrara dalla ARPAT della Regione Toscana.

D'altra parte si tenga presente che il CO (peso molecolare 28) è un gas relativamente più leggero dell'aria (si confronti il peso molecolare medio pesato di questa ultima che è di 28.8, tenendo conto delle percentuali dei principali gas componenti – azoto, ossigeno e argon) e quindi tende a stratificarsi più in alto rispetto al livello del suolo. Mentre le pompe delle Centraline aspirano l'aria a qualche metro di altezza, i risultati delle simulazioni della catena WRF-EMEP-CHIMERE, salvo indicazioni diverse, si riferiscono ad una quota corrispondente ad una pressione convenzionale di 995 millibar, il che implica una diffusione anche in verticale in strati fino a diverse decine di metri di altezza.

Poiché il CO è molto poco reattivo, ciò potrebbe indicare che ***esso è disperso su tutto il territorio in strati sovrapposti*** e che l'aria regionale è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2, O_3) e da componenti chimicamente riducenti. Ciò comporta una notevole capacità reattiva residuale. Questi risultati quindi non dovrebbero inficiare la validità degli scenari calcolati e riportati, indicando che effettivamente le concentrazioni del CO sono molto più alte dell'atteso sul

complesso del territorio rispetto a quanto segnalato dalle Centraline ARPAC urbane e che il CO stesso diffonde anche verso i piani alti degli edifici delle aree collinari oltre ad accumularsi nei distretti industriali e nei nodi autostradali.

WP5-4_2.4 → Ozono (O_3).

Anche nel caso dell'O_3 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere; il confronto con le concentrazioni riportati nelle Mappe degli scenari sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.
I valori calcolati nell'ambito degli Scenari variano tra 35 e 45 ppbv (69 – 89 $\mu g/ m^3$) in tutto il periodo primaverile studiato (30 aprile – 2 giugno) con massimi di 60 - 70 ppbv (119 – 139 $\mu g/ m^3$); questi valori variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.
Nel periodo estivo (4 – 8 luglio) i valori calcolati hanno presentato dei valori inferiori anche di solo 15 – 25 ppbv (28 – 47 $\mu g/ m^3$) ma sempre con dei massimi di 60 - 70 ppbv (119 – 139 $\mu g/ m^3$).

Questi valori sembrano apparentemente sovrastimati in quanto paragonabili o superiori a quelli dell'NO_2. Un primo elemento si riconnette al fatto che l'atmosfera della Regione Campania è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2 e O_3), e da componenti chimicamente riducenti. Oltre al CO tra questi ultimi vanno annoverati i composti organici volatili. ***Questi ultimi provengono da varie fonti: da combustioni parziali, da emissioni di depositi di solventi o carburanti, da emissioni della vegetazione: l'insieme di queste sostanze (i "cosiddetti precursori dell'ozono")*** impediscono un rapido consumo dell'ozono stesso ad opera di reazioni secondarie anche in condizioni di buona insolazione (come l' NO_2 anche l' O_3 tende ad essere fotoscisso dalla radiazione nel vicino U.V.).
Negli ultimi giorni di aprile le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano tra 48 e 90 $\mu g/m^3$ con delle punte di 100 – 105 $\mu g/m^3$ a Caserta ed Acerra. Per tutto il mese di maggio le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano a secondo dei giorni tra 43 e 96

$\mu g/m^3$ per due di quelle di Napoli (qualche giorno ne funzionavano anche 4); valori tra 43 e 95 $\mu g/m^3$ venivano registrati da una centralina a Benevento, tra 54 e 106 $\mu g/m^3$ in una centralina di Salerno e tra 62 e 104 $\mu g/m^3$ per le due di Acerra.
A partire dal 28 giugno tutte le Centraline di Napoli Città hanno smesso di funzionare, tranne quella dell'Ospedale Santobono che nella prima decade di luglio registrava valori compresi tra 79 e 114 $\mu g/m^3$.

Si tenga però conto che l'ozono (O_3 peso molecolare 48) è molto più pesante dell'aria (peso molecolare medio 28,8) per cui contrariamente al CO tende a stratificarsi più vicino al suolo dove lo prelevano le pompe delle Centraline.

Si osserva quindi frequentemente una situazione apparentemente abnorme non prevista dagli scenari di emissione EMEP e che è da imputare a particolari condizioni meteorologiche e di insolazione. Inoltre le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località costiere si ha un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.

Comunque in tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).
D'altra parte i dati delle Centraline ARPAC dei Capoluoghi effettuano, come già sottolineato, medie giornaliere e i minimi precedenti si riferiscono quasi sempre a orari di punta (primo pomeriggio) e al solito in aree relativamente lontane dai siti ove operano le Centraline stesse. Inoltre le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località costiere si ha un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.

WP5-4_2. 5 → Monossido di Azoto (NO)

Per l'NO il confronto diretto con i dati misurati delle Centraline ARPAC non è possibile , in quanto queste ultime non registrano normalmente i dati relativi all'NO.

Gli scenari suggeriscono valori che variano tra 0.2 e 3.5 ppbv (0,25 – 4,3 μg/m^3) per tutte le prime settimane di maggio a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica (principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è come detto il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno). Tuttavia negli ultimi giorni di maggio e i primi di luglio si calcolavano valori anche di 16 ppbv (19 μg/m^3) con una punta estrema (notte del 6 luglio) di 20 - 40 ppbv (24 – 47 μg/m^3).

Questi valori sembrano sottostimati in quanto inferiori a quelli dell'NO_2. In realtà all'atto della emissione da un motore o da una caldaia l'NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all'unità o addirittura a valori inferiori.

D'altra parte una analisi dei dati messi in rete dalla Regione Lazio suggeriscono dei rapporti $(NO + NO_2)/NO_2$ dell'ordine di 1.1 – 1.67 nell'atmosfera, valori che registrano la situazione una volta che i fumi caldi contenenti i due inquinanti si siano diluiti e mescolati con l'aria normale, e abbiano reagito con l'ossigeno atmosferico molto più concentrato di quello residuo negli stessi fumi fuoriuscenti dalla bocca del combustore, quale esso sia.

In conclusione si può affermare che complessivamente gli Scenari prodotti con il programma utilizzato sono stati validati soddisfacentemente nel periodo invernale e semiprimaverile: l'applicazione nel periodo primaverile, qui riportata, è quindi del tutto soddisfacente e potrà essere utilizzato anche per produrre previsioni. Ciò porta a sottolineare nuovamente quanto detta in precedenza, che cioè la disposizione delle Centraline ARPAC solo in alcuni quartieri dei Capoluoghi urbani, porta a sottovalutare i dati di inquinamento di intere aree della Regione lontane dalle aree urbane.

E' sintomatico inoltre che le Centraline ARPAC disposte nella zona di Acerra non indicano valori particolarmente elevati di inquinamento, almeno rispetto ad altre aree industriali o a nodi autostradali individuati dagli scenari prodotti dalla catena di simulazione. Questa constatazione potrebbe essere giustificata con varie ipotesi:

1) ***una buona dispersione dei prodotti di emissione, dovuta all'altezza dei camini delle varie linee dell'inceneritore e al regime dei venti esistenti sulla pianura corrispondente;***
2) ***una ricaduta delle polveri sottili in aree più vicine o molto più lontane dall'inceneritore di quelle dei siti delle Centraline ARPAC di Acerra, combinata invece con una migliore dispersione degli inquinanti gassosi.***

Ciò verrà discusso nella Relazione WP5-5.

D14 – I risultati delle analisi dei dati raccolti nella nuova Banca (Task 5.3) ed effettuate nel Task 5.4, danno luogo ad una raccolta di tabelle e grafici degli stati di inquinamento dell'aria regionale, che verranno confrontati con gli scenari sviluppati dal polo di calcolo parallelo nelle nuove condizioni meteorologiche primaverili.
Dimostratore Allegato a WP5-4
Alcuni esempi di Mappe tratte dagli Scenari di diffusione di alcuni inquinanti sul territorio della Regione Campania.

Figure 1e 2: livelli di concentrazione del Biossido di azoto (NO_2) in ppbv sulla Regione Campania alle ore 6 – 7 del mattino del giorno 8 maggio 2011. Si può osservare la forte concentrazione lungo la costa del Golfo di Napoli: con le opportune valutazioni di scala si può individuare la direttrice che va dal Porto alla Ferrovia e verso l'Aeroporto.

Figura 3 e 4: livelli di concentrazione del Biossido di azoto (NO_2) in ppbv sulla Regione Campania alle ore 19/20 dello stesso giorno 8 maggio 2011. A quest'ora a causa delle condizioni meteo il massimo si allunga verso Torre del Greco e Torre Annunziata e all'interno verso il nodo autostradale Napoli – Roma e relativi svincoli.

Figura 5: livelli di concentrazione del Biossido di azoto (NO_2) in ppbv sulla Regione Campania alle ore 21 del giorno 12 maggio 2011. La congestione del traffico tende a concentrare l'inquinamento sull'incrocio tra le autostrade Caserta – Salerno e Napoli – Canosa - Bari, ma con estensione verso Acerra.

Figura 6: livelli di concentrazione del Biossido di azoto (NO_2) in ppbv sulla Regione Campania alle ore 7/8 del giorno 13 maggio 2011. La congestione del traffico tende a concentrare l'inquinamento nell'area che va da Piazza Municipio al Porto, alla Ferrovia e verso l'Aeroporto.

Figura 7: livelli di concentrazione del Biossido di azoto (NO_2) in ppbv sulla Regione Campania alle ore 7 del giorno 16 maggio 2011. Il grado di inquinamento è relativamente diminuito e tende a concentrarsi sull'incrocio tra le autostrade Caserta – Salerno e Napoli – Canosa - Bari, ma con estensione verso Acerra.

Figura 8: livelli di concentrazione del Biossido di azoto (NO_2) in ppbv sulla Regione Campania alle ore 22 del giorno 17 maggio 2011. Il grado di inquinamento è nuovamente risalito ma tende sempre a concentrarsi sull'incrocio tra le autostrade Caserta – Salerno e Napoli – Canosa - Bari, con estensione verso Acerra. Un nuovo focolaio si manifesta nell'area che va da Piazza Municipio al Porto.

Figura 9: livelli di concentrazione del Biossido di azoto (NO_2) in ppbv sulla Regione Campania alle ore 21 del giorno 20 maggio 2011. La congestione del traffico tende a concentrare l'inquinamento nell'area che va dal Porto all'interno verso il nodo autostradale Napoli – Roma e relativi svincoli e verso Acerra.

WP5 – Relazione Generale Task 5.5.

Elaborazione di Scenari previsionali simulati per possibili variazioni tecnologiche nelle emissioni regionali ovvero per nuovi insediamenti produttivi o di servizio.

WP5-5_1_PREMESSA

A) Sulla base dei Task di WP5 (e WP4) è possibile elaborare degli scenari previsionali di emissione simulando a tavolino nuovi scenari in funzione di possibili variazioni tecnologiche nelle emissioni e scenari d'inquinamento in differenti condizioni meteo locali.

Questo si può ottenere forzando i dati EMEP mediante l'uso di coefficienti peggiorativi o migliorativi anche differenziati per tipo di inquinante. In altri termini nel sistema di equazioni, elaborate attraverso il polo di calcolo parallelo, verranno in pratica forzati parametri di inquinamento diversi da quelli attuali, per simulare nuovi scenari. Ciò permetterà di studiare i conseguenti andamenti di inquinamento dovuti ad improvvise variazioni dei suddetti parametri ed una mappa dei principali luoghi di possibile impatto ambientale (incrementato o mitigato) degli inquinanti gassosi e delle polveri sottili.

B) E' possibile inoltre prevedere l'effetto della installazione di nuovi insediamenti produttivi o di servizio con notevole impatto ambientale, (Inceneritori, Centrali Termoelettriche a carbone, a nafta o a metano) così come le occorrenze di incidenti di particolare gravità.

In particolare il caso che è stato studiato come DIMOSTRATORE è l'insediamento di un nuovo Inceneritore a Napoli Est (adiacenze via De Roberto). Al riguardo si è fatto ricorso (previa elaborazione di criteri) all'ausilio del programma di simulazione meteorologico WindImula per determinare le probabili distanze di ricaduta al suolo di polveri sottili (che trascinano inquinanti adsorbiti come metalli pesanti, IPA, PCB etc.) e di alcuni inquinanti gassosi.

E' stato così possibile, stimando preventivamente le emissioni, individuare le aree principali di dispersione e ricaduta e definire nuovi scenari di inquinamento sul territorio.

WP5-5_2

Il primo tentativo effettuato ha seguito la logica della Premessa A); sono stati utilizzati i dati di emissione dalle banche dati EMEP di dicembre 2010, moltiplicandoli per un fattore peggiorativo di 2, molto severo, sulla base delle seguenti considerazioni:

1) Forzare la sensitività del metodo limitando le spese di calcolo senza ricorrere a ripetuti tentativi.
2) Sono state ipotizzate un forte aumento delle attività degli impianti di servizio sia nel campo energetico (nuove Centrali Termoelettriche), sia nel campo della termodistruzione dei rifiuti solidi urbani (un secondo Inceneritore a Napoli Est e un terzo a Salerno), sia un più limitato incremento delle attività delle Piccole e Medie Industrie.
3) All'aumento delle attività industriale e di servizio si è ipotizzato di affiancare un aumento consistente di emissioni da traffico extraurbano (per la circolazione di manufatti, merci e materie prime) e urbano.

WP5-5_3

Variazioni nei valori delle concentrazioni simulate degli inquinanti gassosi a seguito del raddoppio forzato delle emissioni rispetto alle Banche Dati EMEP.

I risultati, sotto forma di mappe orarie riportanti curve di livelli di concentrazioni al suolo relative al territorio della Campania (Coordinate: 40.3 N - 41.3 N e 13.4 E – 14.9 E), sono stati raccolti su di un **DVD** che costituisce la **Banca Dati WP5-5_Allegato_A15.** Il **"Dominio 3"** indicato sulle Mappe si riferisce ai dettagli delle stesse Mappe riportati per ciascun passo di 1 x 1 km.
Le considerazioni che seguano sulle differenze tra i valori simulati con questo approccio e i valori prodotti dagli scenari reali discussi in precedenza, sono state qui presentate in maniera qualitativa e discorsiva per renderle più facilmente comprensibili, senza appesantire la relazione con dettagliate considerazioni di cinetica e reattività chimica e fotochimica (quest'ultima indipendente dalla forzatura applicata in questo e in simili approcci).

WP5-5_3.1 – monossido di carbonio (CO).

Nel periodo di simulazione dal 15 al 20 dicembre 2010 gli scenari prodotti riportano concentrazioni di monossido di carbonio (CO) che vanno da 0,20 fino a 1,00 ppbv corrispondenti a 0,24 – 1.18 mg/m^3 tutti concentrati sull'area di Napoli Città; qualche massimo relativo riguarda le sere in direzione dell'autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, ma con valori limitati compresi tra 0,18 e 0,75 ppbv (0,21 – 0,89 mg/m^3). In particolare nella giornata del 19 e in parte del 20 dicembre è evidente una forte scia di trascinamento dovuto ad un forte vento da ESE verso ONO. Nella serata del 20 dicembre si può notare una inversione nelle condizioni di ventilazione dovuta alle brezze serali e notturne.

Confronto con i dati prodotti nello scenario reale originale:

il raddoppio dei fattori di emissione rispetto ai valori reali riportati da EMEP non ha avuto come conseguenza un aumento proporzionale delle concentrazioni simulate nel presente tentativo. Vi è stato un incremento che va dal 25% al 66% nel caso di Napoli Città e dal 5 al 105 % sulle aree extraurbane.

Questi valori e queste differenze sono del tutto comprensibili se si tiene conto che il modulo CHIMERE oltre alla diffusione calcola le varie cinetiche chimiche e fotochimiche del complesso di reazioni che determinano il risultato finale.

D'altra parte molte evidente è anche la permanenza qualitativa della struttura delle mappe, dal punto di vista della dispersione sul territorio, che invece è dettata inizialmente dal modulo WRF che mantiene le sue caratteristiche realistiche di meteorologia sul territorio in quei giorni e in quelle ore (vedi le considerazioni sulle scie nei giorni 19 e 20 dicembre).

WP5-5_3.2 – biossido di azoto (NO_2).

Nel periodo di simulazione dal 15 al 20 dicembre 2010: i valori prodotti dagli scenari variano tra 6 in piena notte e 25 ppbv (12 - 49 µg/m^3) con punte in Napoli centro, **soprattutto tra Mergellina e via Duomo**, che arrivano anche a 35 – 45 ppbv (68 – 87 µg/m^3) nelle prime ore delle mattinate (tra le 6 e le 9) e le prime della sera (18 – 21). I massimi relativi riguardano anche le sere in direzione dell'autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, ma con valori compresi tra 25 e 40 ppbv (12 - 78 µg/m^3). Anche in questo caso nella giornata del 19 e in parte del 20 dicembre è evidente una forte scia di trascinamento dovuto ad un forte vento da ESE verso ONO. Così come nella serata del 20 dicembre si può notare una inversione nelle condizioni di ventilazione dovuta alle brezze serali e notturne.

Confronto con i dati prodotti nello scenario reale originale:
il raddoppio dei fattori di emissione rispetto ai valori reali riportati da EMEP non ha avuto come conseguenza un aumento proporzionale delle concentrazioni simulate nel presente tentativo. Rispetto ai valori reali più bassi vi è stato un incremento anchedel 100% mentre per i valori più alti i dati simulati mostrano un incremento che va dallo 0 al 7% sia nel caso di Napoli Città che per le aree extraurbane.
Questi valori e queste differenze sono del tutto comprensibili se si tiene conto che il modulo CHIMERE oltre alla diffusione calcola le varie cinetiche chimiche e fotochimiche del complesso di reazioni che determinano il risultato finale.
D'altra parte molte evidente è anche la permanenza qualitativa della struttura delle mappe, dal punto di vista della dispersione sul territorio, che invece è dettata inizialmente dal modulo WRF che mantiene le sue caratteristiche realistiche di meteorologia sul territorio in quei giorni e in quelle ore (vedi le considerazioni sulle scie nei giorni 19 e 20 dicembre).

WP5-5_3.3 – monossido di azoto (NO).

Nel periodo di simulazione dal 15 al 20 dicembre 2010 i valori prodotti dagli scenari variano tra 0.6 e 40 ppbv (0.76 – 51 $\mu g/m^3$) nel corso della giornata con punte di 60 - 80 ppbv (76 – 101 $\mu g/m^3$) nelle prime ore del mattino o del pomeriggio. Massimi meno accentuati (33 ppbv corrispondenti a 42 $\mu g/m^3$) sono stati stimati per i nodi autostradali. Anche in questo caso nella giornata del 19 e in parte del 20 dicembre è evidente una forte scia di trascinamento dovuto ad un forte vento da ESE verso ONO. Così come nella serata del 20 dicembre si può notare una inversione nelle condizioni di ventilazione dovuta alle brezze serali e notturne

Confronto con i dati prodotti nello scenario reale originale:
il raddoppio dei fattori di emissione rispetto ai valori reali riportati da EMEP non ha avuto come conseguenza un aumento proporzionale delle concentrazioni simulate nel presente tentativo. Contrariamente ai casi del CO e dell'NO_2 vi è stato un incrementomolo alto che va dal 50% al 100% e persino del 300% per Napoli Città.
A differenza dello scenario reale questi valori sembrano fortemente sovrastimati in quanto spesso superiori a quelli dell'NO_2 simulato. Come noto (vedi WP4-4e WP5-4) all'atto della emissione da un motore o da una caldaia l'NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all'unità o addirittura a valori inferiori.

L'aver raddoppiato i valori di emissione riportati da EMEP hanno fatto sì che le reazioni simulate di ossidazione all'aria dei fumi caldi non sono riuscite a invertire il rapporto tra NO e NO_2 , come negli scenari realistici precedenti (vedi WP4-4e WP5-4). E ciò è stato facilitato dal raddoppio del CO che ha ritardato l'ossidazione stessa del l'NO a NO_2.

Questi valori e queste differenze simulate sono del tutto comprensibili se si tiene conto che il modulo CHIMERE oltre alla diffusione calcola le varie cinetiche chimiche e fotochimiche del complesso di reazioni che determinano il risultato finale.

D'altra parte molte evidente è anche la permanenza qualitativa della struttura delle mappe, dal punto di vista della dispersione sul territorio, che invece è dettata inizialmente dal modulo WRF che mantiene le sue caratteristiche realistiche di meteorologia sul territorio in quei giorni e in quelle ore (vedi le considerazioni sulle scie nei giorni 19 e 20 dicembre).

WP5-5_3.4 – ozono (O_3).

Nel periodo di simulazione dal 15 al 20 dicembre 2010 i valori prodotti dagli scenari variano tra 10 e 40 ppbv (20 – 81 $\mu g/m^3$) nel periodo invernale, valori che variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.

Anche in questo caso nella giornata del 19 e in parte del 20 dicembre è evidente una forte scia di trascinamento dovuto ad un forte vento da ESE verso ONO. Così come nella serata del 20 dicembre si può notare una inversione nelle condizioni di ventilazione dovuta alle brezze serali e notturne. Comunque per l'ozono vi è un effetto già discusso di trascinamento notturno verso il mare, a causa delle brezze, dove l'ozono è più al riparo da reazioni secondarie (emissione della vegetazione terrestre e da altri processi riducenti).

Confronto con i dati prodotti nello scenario reale originale:

il raddoppio dei fattori di emissione rispetto ai valori reali riportati da EMEP non ha avuto come conseguenza un aumento proporzionale delle concentrazioni simulate nel presente tentativo. Rispetto ai valori reali più bassi vi è stato addirittura un decremento anche dell'80% mentre per i valori più alti i dati simulati mostrano un incremento che va dal 5 al 55% sia nel caso di Napoli Città che per le aree extraurbane.

L'aver raddoppiato i valori di emissione riportati da EMEP hanno fatto sì che la reazione di fotodissociazione dell'NO_2 in NO e ossigeno atomico non sarebbe stata seguita dalla reazione tra questo e l'ossigeno molecolare (che porta ad ozono) in quanto ostacolata da due fattori rispetto al caso reale:

1) ***la concentrazione dell'ossigeno molecolare dell'aria è rimasta praticamente invariata;***
2) ***la stessa presenza aumentata del CO poco reattivo e degli altri inquinanti avrebbe reso meno probabile l'incontro dell'ossigeno atomico con quello molecolare.***

Questi valori e queste differenze simulate sono del tutto comprensibili anche in questo caso se si tiene conto che il modulo CHIMERE oltre alla diffusione calcola le varie cinetiche chimiche e fotochimiche del complesso di reazioni che determinano il risultato finale.

D'altra parte molte evidente è anche la permanenza qualitativa della struttura delle mappe, dal punto di vista della dispersione sul territorio, che invece è dettata inizialmente dal modulo WRF che mantiene le sue caratteristiche realistiche di meteorologia sul territorio in quei giorni e in quelle ore (vedi le considerazioni sulle scie nei giorni 19 e 20 dicembre).

WP5-5_4 – PM_{10}

Variazioni nei valori delle concentrazioni simulate delle polveri sottili a seguito del raddoppio forzato delle emissioni rispetto alle Banche Dati EMEP.

Nel periodo di simulazione dal 15 al 20 dicembre 2010 i valori prodotti dagli scenari forzati variano tra 10 e 110 μg/m^3 su tutto il territorio indagato; più in dettaglio i valori risultano tra 10 e 25 μg/m^3 con una punta inferiore a 10 μg/m^3 sull'area di Napoli e con valori tra 20 e 45 μg/m^3 con minimi di 10-15 e punte massime di 80 - 110 μg/m^3 in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli, dell'Asse mediano e dei Nodi Autostradali della Caserta - Salerno con la Napoli - Canosa e con la Napoli – Pompei - Salerno a secondo dell'ora e del giorno. I valori più alti si sono registrati nei giorni 17 e 18 dicembre (venerdì e sabato) 2010: è evidente la connessione tra le condizioni meteorologiche e l'incremento del traffico di merci sulle strade extraurbane in previsione dei consumi festivi.

Confronto con i dati prodotti nello scenario reale originale:

il raddoppio dei fattori di emissione rispetto ai valori reali riportati da EMEP non ha affatto avuto come conseguenza un aumento proporzionale delle concentrazioni simulate nel presente tentativo. Anzi. come era da aspettarsi e quindi a conferma indiretta delle analisi precedenti per gli inquinanti gassosi, i valori prodotti da questa simulazione forzata per quel che riguardano le

polveri sottili o particolato (PM_{10}) non hanno subito alcuna variazione significativa. Ciò è dovuto al fatto che il modulo CHIMERE si limita ad operare la diffusione del particolato senza che quest'ultimo sia coinvolto nella rete di reazioni chimiche e fitochimiche come accade per gli inquinanti gassosi.

II parte: Analisi condotta con windImula (approccio B).

In particolare il caso che è stato studiato come DIMOSTRATORE è l'insediamento di un nuovo Inceneritore nell'area di Napoli Est (adiacenze via De Roberto). Al riguardo si è fatto ricorso (previa elaborazione di criteri) all'ausilio di un programma di simulazione meteorologico WindImula per determinare le probabili distanze di ricaduta al suolo di polveri sottili PM10 (che trascinano inquinanti adsorbiti, come metalli pesanti, IPA, PCB etc.) oltre che inquinanti gassosi. Per le condizioni emissive sono state prese come riferimento quelle dichiarate per l'Inceneritore di Acerra.

Per le condizioni meteorologiche locali reali sono state utilizzate quelle esistenti in rete per il vicino Comune di San Giorgio a Cremano, con cadenza di sei ore.

E' stato così possibile, stimando preventivamente le emissioni, individuare le direzioni predominanti di propagazione dei pennacchi di emissione, la loro evoluzione e determinare, su di una base probabilistica, la concentrazione del particolato ricaduto al suolo.

Sono state utilizzate la condizioni meteo secondo la scala di Pasquill per determinare la propagazione a partire da un camino di altezza reale di 110 metri (circa 150 metri virtuali a causa della risalita verticale dei fumi caldi prima che il vento a quella quota rendesse orizzontale l'asse di propagazione dei pennacchi.

La distanza di ricaduta più probabile (espressa dal massimo dei diagrammi che seguono) è di diversi km.

L'illustrazione del metodo e le mappe di propagazione e ricaduta sono brevemente riportati nel DIMOSTRATORE **Allegato WP5-5 _A16.**

D15- Scenari di Inquinamento Simulato

Le elaborazioni previste nel Task 5.5, consentiranno di creare scenari di emissione in funzione di possibili variazioni tecnologiche nelle emissioni e scenari d'inquinamento in differenti condizioni meteo locali.

Nel sistema di equazioni, elaborate attraverso il polo di calcolo parallelo, verranno in pratica forzati parametri inquinanti diversi da quelli del momento, per simulare nuovi scenari. Ciò permetterà di studiare i conseguenti andamenti di inquinamento dovuti ad improvvise variazioni dei suddetti parametri ed una mappa dei principali luoghi di possibile impatto ambientale (incrementato o mitigato) degli inquinanti gassosi e del particolato.

WinDimula 3.0

Introduzione

WinDimula 3.0 (WD3) è un programma di simulazione ambientale costruito sulla base di un modello gaussiano per l'emissione e propagazione di un pennacchio che permette di svolgere calcoli di diffusione in atmosfera di inquinanti non reattivi (compresi tuttavia NO_x e SO_x che pur essendo reattivi vengono considerati inerti nel programma) emessi da sorgenti multiple, puntiformi ed areali, sparse su di un'area che rappresenta il dominio di calcolo del modello, anche in presenza di un' orografia complessa.
Il modello permette di svolgere sia simulazioni di tipo "Short Term" che "Climatologiche". WD3 permette inoltre di valutare le altezze efficaci degli inquinanti emessi da camini per ogni classe di stabilità atmosferica (Classe di Pasquill).
Il modello consente il calcolo delle concentrazioni di inquinanti in tutti i recettori definiti all'interno del dominio di calcolo (sia cartesiani che discreti) e della deposizione sia secca che umida.
Un calcolo "Short Term" o puntuale rappresenta una sorta di "fotografia istantanea" della diffusione di un certo inquinante o di una collezione di inquinanti in base a dati meteorologici "puntuali" (es: direzione e velocità del vento orarie). Il codice di calcolo WD3 permette di eseguire più simulazioni puntuali in sequenza; in questo modo è possibile valutare eventuali limiti di legge sugli inquinanti emessi. In particolare se si ha a disposizione una sequenza annuale di dati meteorologici orari è possibile eseguire WD3 sull'intera sequenza di dati valutando ad esempio in ogni recettore del grigliato di calcolo il valore massimo orario di concentrazione rilevato durante tutta la sequenza considerata. In questo caso se l'inquinante considerato è NOx sarà possibile valutarne direttamente il limite di legge orario e medio annuo in ogni recettore del dominio. Con il postprocessore WDPRO sarà inoltre possibile valutare altri limiti di legge sia in termini di valori che di percentuali per gli inquinanti considerati.
Una simulazione climatologica, per contro, non permette di fare valutazioni sui limiti di legge ma consente di valutare le "tendenze diffusive" nell'area di interesse (dominio di calcolo) cioè quelle aree del dominio di calcolo interessate prevalentemente dalla diffusione atmosferica degli inquinanti . Un calcolo climatologico è sostanzialmente un insieme di calcoli puntuali (per settori) pesati però rispetto alla loro frequenza statistica di accadimento. Avendo quindi a disposizione opportune serie di dati meteorologici è possibile caratterizzare climatologicamente una certa area attraverso la definizione di una opportuna JFF (Joint Frequency Function). Una JFF consiste in

tabelle (una per ogni classe di stabilità) che riportano le frequenze di accadimento congiunte di velocità e direzione del vento. Generalmente le JFF sono relative ad un periodo temporale pari ad un anno (ma è possibile specificarle anche per altri periodi temporali) quanti più “anni meteorologici” si hanno a disposizione nella serie di dati di partenza e più accurata sarà la caratterizzazione meteoclimatica dell’area (la WMO indica un minimo di almeno 5 anno di dati meteorologici orari).

Questo tipo di input meteorologico, profondamente diverso da quello utilizzato nelle simulazioni “Short Term”, permette quindi di valutare le tendenze diffusive nell’area degli inquinanti emessi in funzione della climatologia tipica dell’area di studio.

Il modello di calcolo permette inoltre di valutare la diffusione in atmosfera dell’inquinante anche in presenza di situazioni di “calma di vento”. In questi casi WD3 integra un opportuno modello (Modello di “Cirillo-Poli”) per le calme di vento.

Il modello non presenta limitazioni dimensionali se non dipendenti dal “carico” del computer di installazione.

I tempi di esecuzione di una simulazione dipendono dal tipo di calcolo richiesto, dalle dimensioni del reticolo (numero dei nodi di griglia), dal numero di sorgenti considerato, dalla tipologia dei dati meteorologici utilizzati e dalla potenza della macchina di calcolo.

La presenza di situazioni di calma di vento comporta sempre un aggravio delle prestazioni temporali di esecuzione non essendo questo un calcolo direzionale ma svolto su un angolo di 360° intorno ad ogni sorgente.

Una consistente riduzione dei tempi di calcolo può essere realizzata richiedendo, come opzione di output, il calcolo nei soli recettori discreti del dominio; in questo caso il calcolo non verrà eseguito nei recettori cartesiani del dominio.

La versione 3 del modello WinDimula (WD3) rispetto alla precedente versione 2 (WD2) implementa il calcolo della deposizione secca ed unida. Tutte le opzioni del modello sono gestibili direttamente dall’”interno” del software stesso incluse le operazioni di preparazione dei file di input (EDITOR interno al modello) che della rappresentazione grafica dell’output (interfaccia “ANALISI GRAFICA”).

Simulazioni

Di seguito sono riportate alcune delle simulazioni eseguite, tutte le simulazione vanno intese avere un valore ***"realistico"*** piuttosto che ***"reale"*** in quante fatte sulla base di valori reali relativi all'emissione di un camino di un inceneritore, nel caso specifico è stato scelto l'inceneritore posto nella zona industriale di Acerra e prendendo condizioni meteorologiche reali la cui fonte principale è stata www.ilmeteo.it che oltre a fornire i valori di velocità e direzione preferenziale media del vento ha permesso la determinazione delle classi di stabilità atmosferica usate per ogni singola simulazione.

Il grigliato di calcolo è stato infine scelto simulante la zona di Napoli Est per valutare gli effetti di ricaduta di inquinanti nel caso un inceneritore fosse posizionato nella zona indicata.

La figura separata connotata come "deposizione PM_{10}" rappresenta una visualizzazione puramente qualitativa dell' accumulo di polveri al suolo nelle zone circostanti il centro del grigliato di calcolo.

Le linee evidenziate nelle varie tonalità di blu rappresentano il prolungamento del pennacchio relativo alle condizioni climatologiche scelte e coprono un'area di circa 15 Km mentre l'evidenziato in rosa rappresenta la zona di massima deposizione delle polveri stesse concentrata in una zona molto più limitata di circa 1.5 Km.

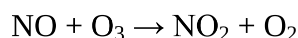
Infine le simulazioni riportate nelle 8 mappe mostrate qui di seguito per la diffusione degli NO_x vanno intese come somma degli ossidi di azoto emessi dal camino stesso:



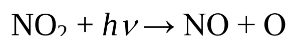
$$NO_x = NO + NO_2$$

Considerando gli ossidi di azoto inerti.

Questa assunzione può essere giustificata viste le principali reazioni degli ossidi di azoto in atmosfera riportate di seguito.



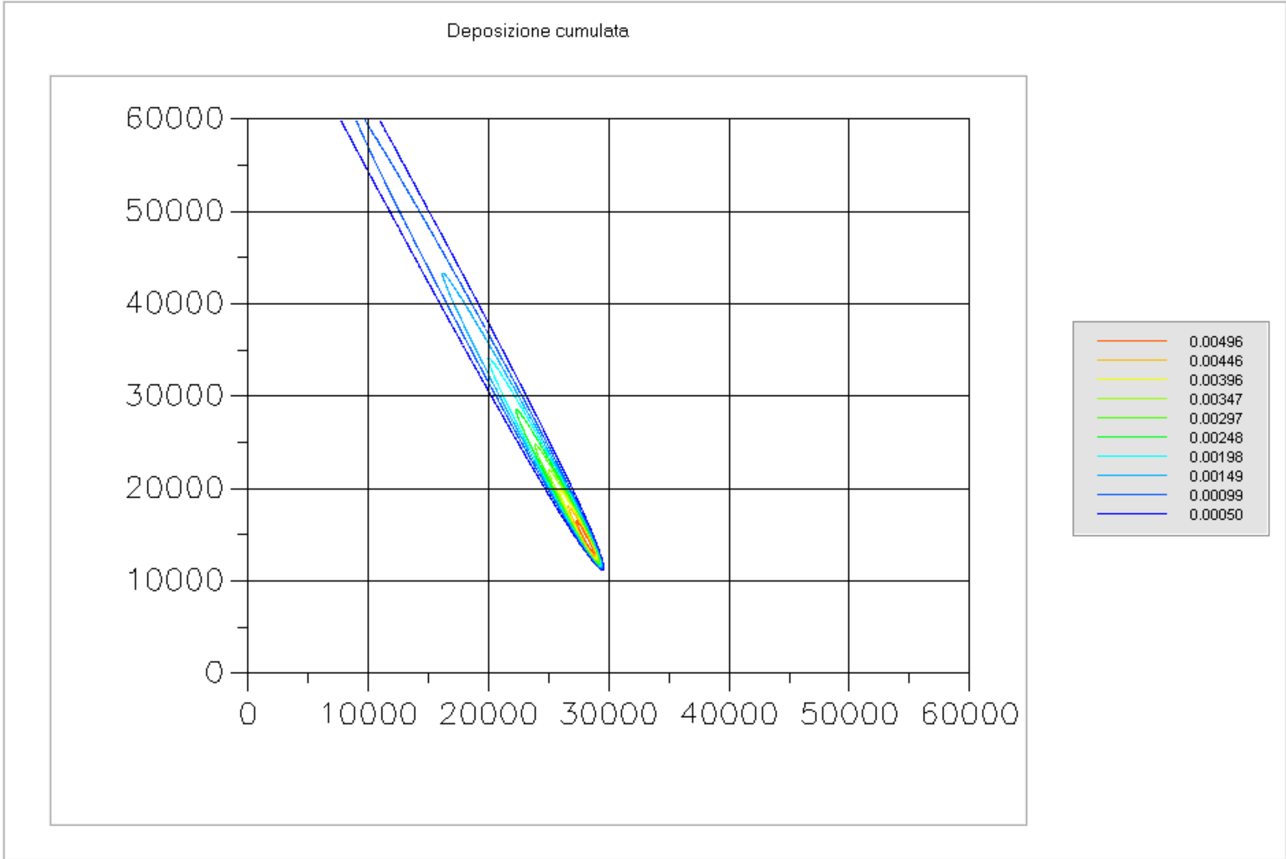
$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

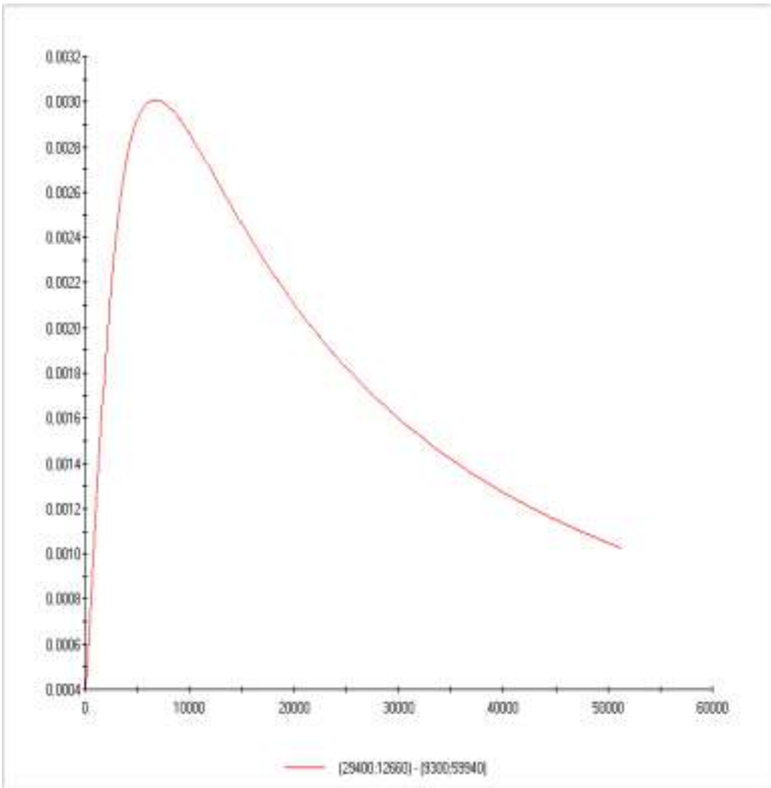


$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$$

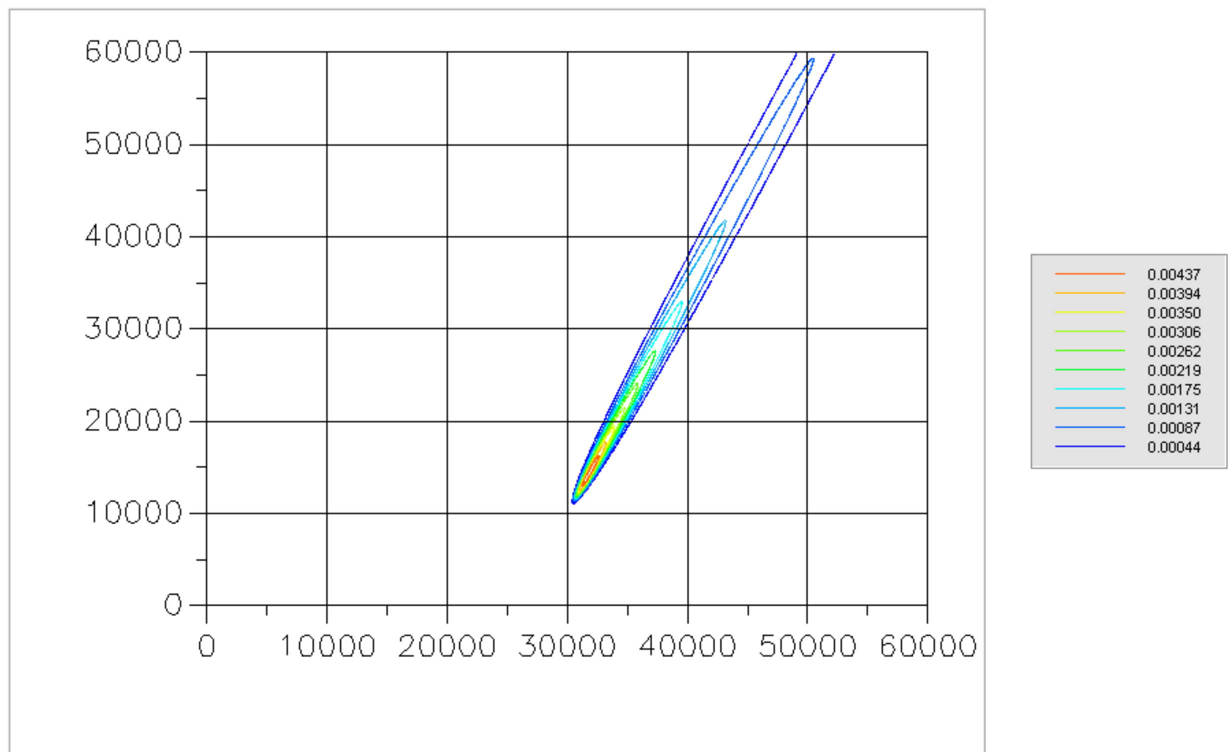
Entrambi gli ossidi di azoto si trasformano l'uno nell'altro attraverso le due reazione riportate ciò rende verosimilmente plausibile *l'approssimazione* di considerare NO_x come un unico ossido di azoto inerte.

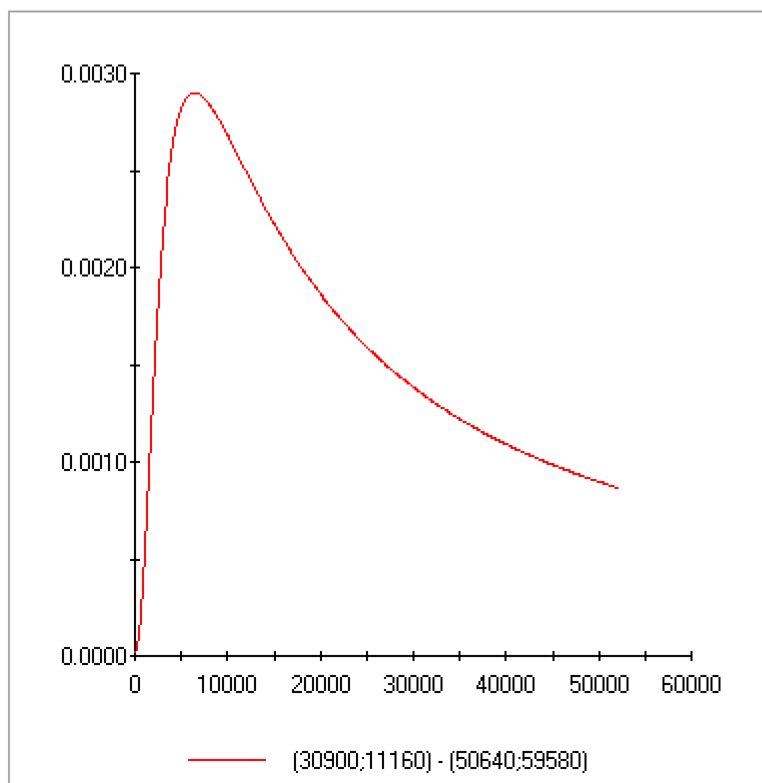
Profili di deposizione al suolo di NO_x 30/06/2011



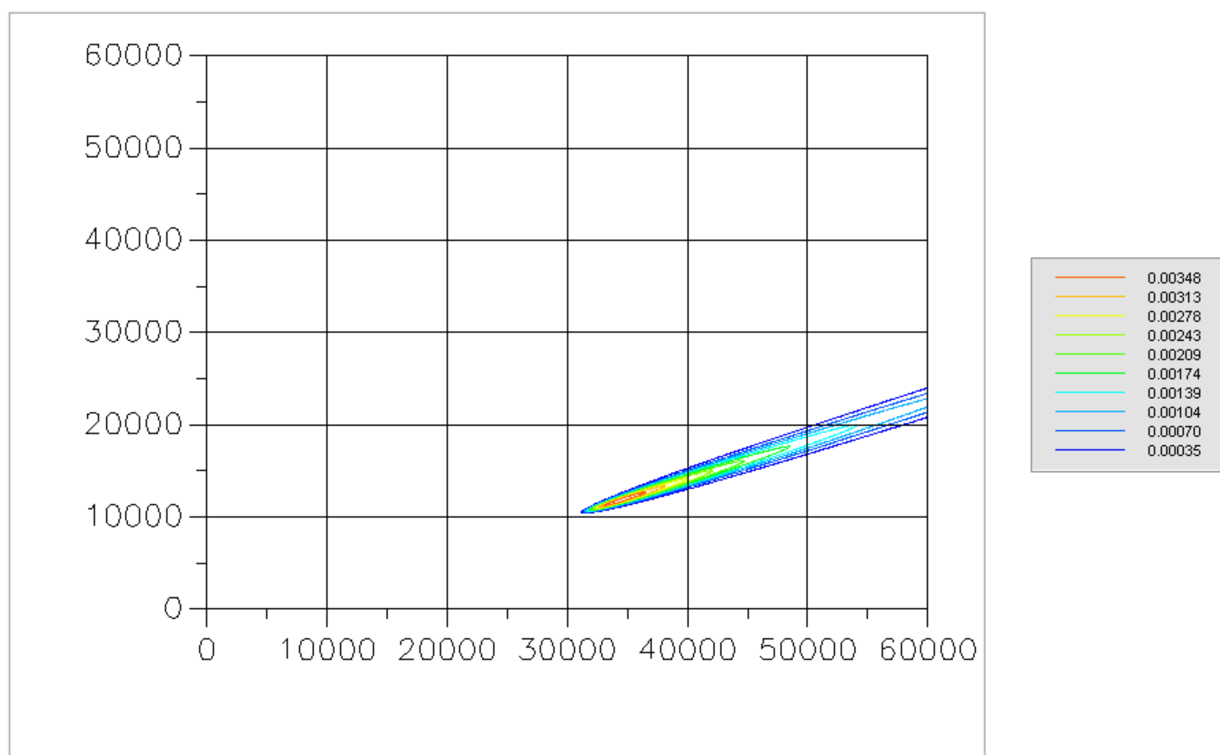


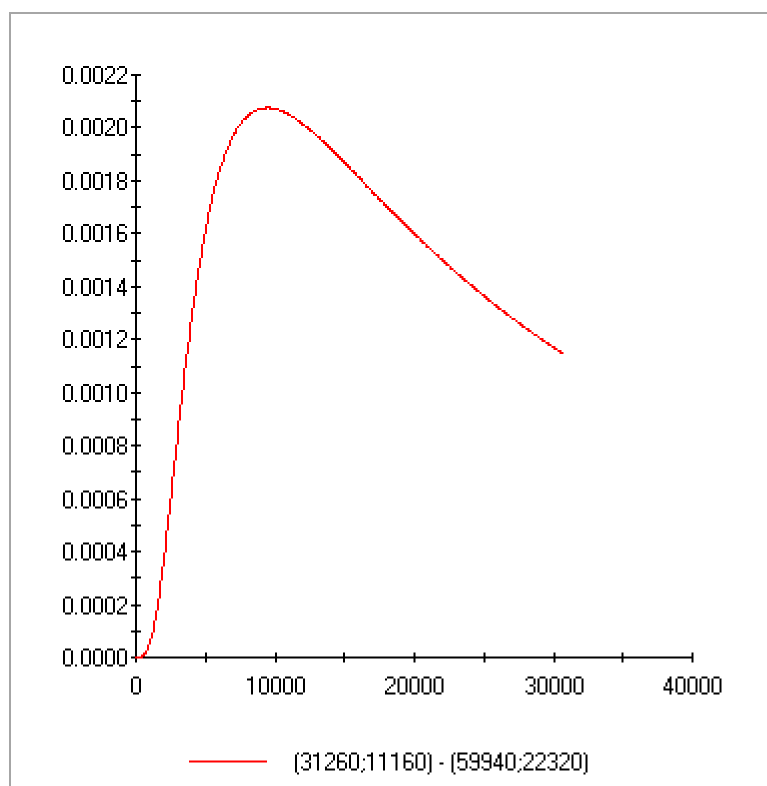
Ore 6 ore 11 vento SSE



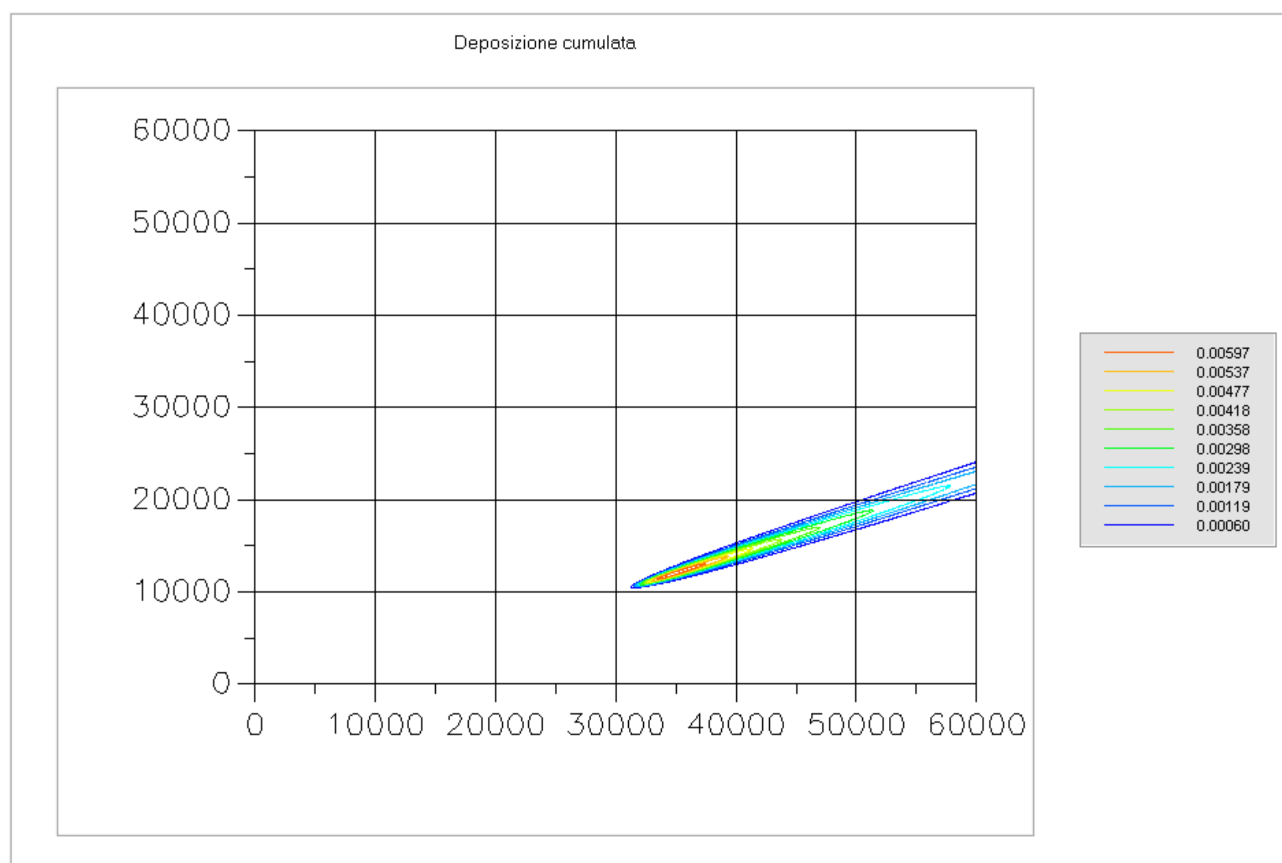


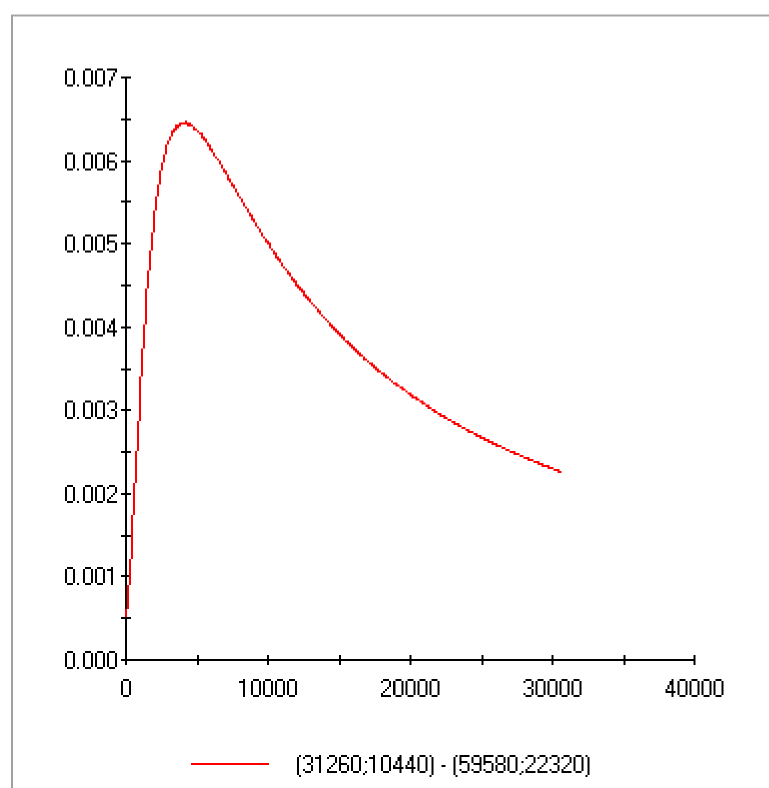
Ore 12.00 17.00 vento SSO



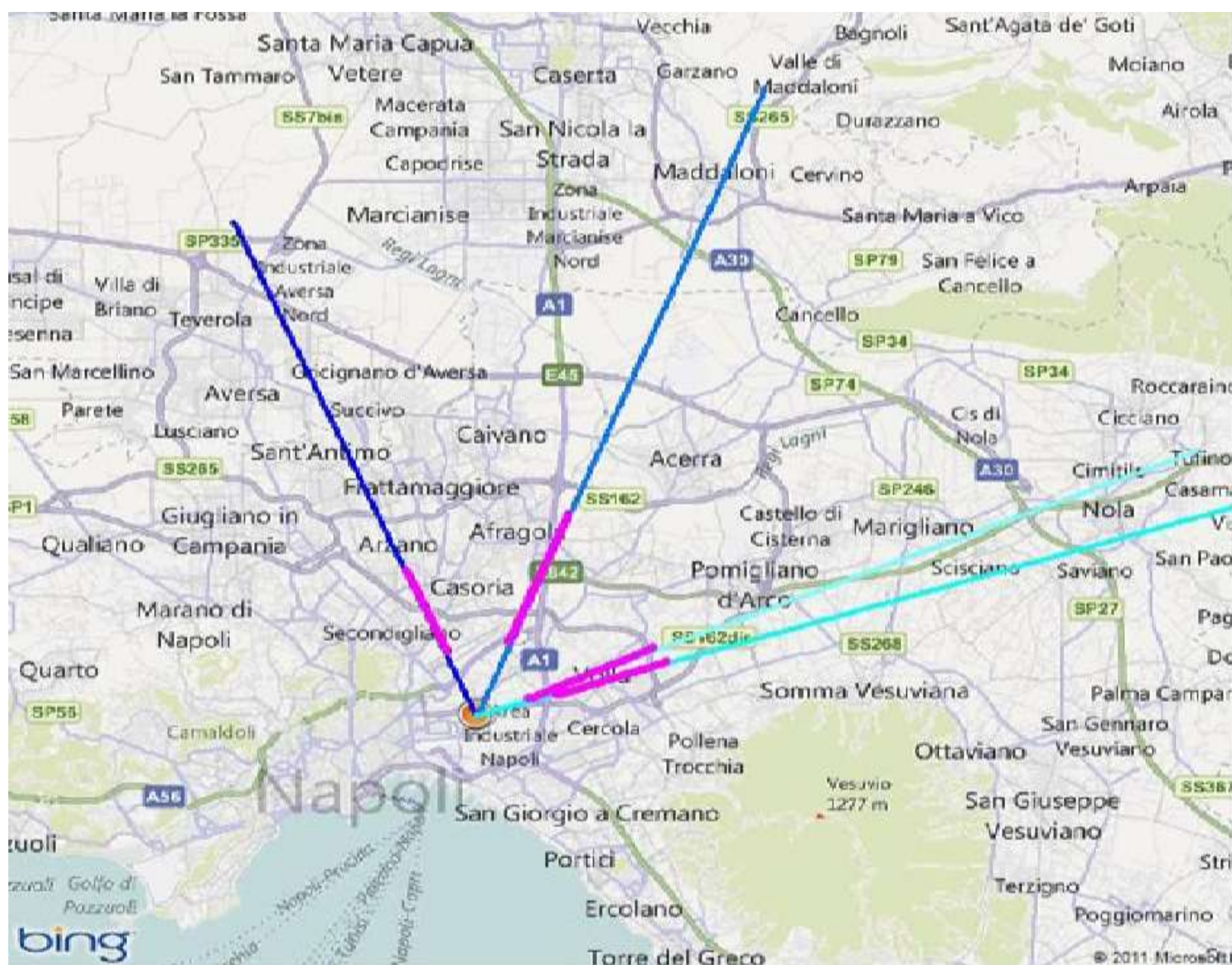


Ore 18.00 23.00vento OSO





1/07/2011 ore 00.00 5.00 vento variabile (preso come OSO± 180°)


Santa Maria Capua
Vetere
San Tammaro
Vecchia
Bagnoli
Sant'Agata de' Goti
Moiano
Caserta
Garzano
Valle di
Maddaloni
Macerata
Campania
San Nicola la
Strada
SS7bis
SS265
Durazzano
Airola
Capodrise
Maddaloni
Cervino
Arpaia
Marcianise
Zona
Industriale
Marcianise
Nord
Santa Maria a Vico
SP335
Zona
Industriale
Aversa
Nord
Regi Lagni
A30
SP79
San Felice a
Cancello
Villa di
Briano
Teverola
A1
Cancello
SP34
San Marcellino
Orcignano d'Aversa
E45
SP74
SP34
Aversa
Parete
Succivo
Cis di
Nola
Cicciano
Lusciano
Caivano
Sant'Antimo
Acerra
Regi Lagni
SS265
A30
Frattamaggiore
SS162
SP246
Nola
Giugliano in
Campania
Afragola
Castello di
Cisterna
Marigliano
Qualiano
Arzano
Casoria
R42
Pomigliano
d'Arco
Scisciano
Saviano
San Paolo
Marano di
Napoli
SP27
Secondigliano
SS268
A1
Quarto
Somma Vesuviana
SP55
Camaldoli
Area
Industriale
Napoli
Cercola
Pollena
Trocchia
San Gennaro
Vesuviano
Ottaviano
Napoli
A56
Vesuvio
1277 m
San Giorgio a Cremano
San Giuseppe
Vesuviano
Portici
Golfo di
Pozzuoli
Terzigno
Ercolano
Poggiomarino
bing
Torre del Greco
© 2011 Microsoft

RELAZIONE GENERALE WP 6

Il WP6 interessa il rendering grafico dei dati di output ottenuti dalle simulazioni di impatto ambientale degli inquinanti, ricavati precedentemente con l'elaborazione a catena del Modello Meteo Regionale applicato alla Regione Campania e, soprattutto, il Modello di Dispersione e Reazione degli inquinanti, entrambi utilizzati nell'ambito della catena modellistica alla base del progetto. Il lavoro svolto in questa fase, quindi, consisteva nell'installazione e configurazione del pacchetto software relativo al "Modulo 3" del progetto, sviluppato sulla base delle indicazioni presunte all'Università degli Studi di Napoli "Federico II". Tale pacchetto software dovrà permettere di elaborare diverse tipologie di rendering dei dati di output ottenuti dalle precedenti simulazioni. Tutti i software presenti nel pacchetto, sono stati ovviamente trattati seguendo le istruzioni indicate nella documentazione ed i manuali forniti con lo stesso e installati all'interno dell'ambiente di calcolo che ospita la catena modellistica utilizzata nel progetto. Successivamente, sono stati riadattati e riconfigurati per il sistema di calcolo in base alle nostre esigenze di rendering.

Per una corretta organizzazione del lavoro da svolgere, è stato deciso di pianificare il progetto in 3 diverse fasi da portare a termine in maniera sequenziale:

- WP6.1 – Installazione del Modulo Software grafico
- WP 6.2 – Produzione di Tabelle di dati, Grafici e Mappe
- WP6.3 – Analisi dei risultati

Infine, per semplificare e velocizzare il lavoro da parte dell'utente operatore circa la configurazione e esecuzione dei moduli software forniti, è prevista un'interfaccia utente grafica user friendly realizzata ad hoc, proprio allo scopo di nascondere all'utente tutta la complessità sottostante. L'interfaccia, inoltre, deve fornire una serie di opzioni per permettere una completa personalizzazione dei dati che si desidera visualizzare e dare la possibilità, attraverso un sistema di filtri, di selezionare le componenti di proprio interesse, come la visualizzazione di specifici inquinanti chimici, la data e l'ora di interesse e altre opzioni.

Infine, è previsto un lavoro di integrazione tra il modulo grafico appena installato e i precedenti moduli 1 e 2 previsti dal progetto: Il Modello Meteo Regionale e il Modello di dispersione e reazione degli inquinanti, entrambi sviluppati e configurati per la regione Campania.

WP 6.1 – Installazione del Modulo Software Grafico

In una prima fase del lavoro, è stato analizzato il software che ci è stato fornito e come esso è stato inizialmente configurato per funzionare e permettere, quindi, il rendering di dati NetCDF ottenuti dalle simulazioni con il Modello di dispersione e reazione degli inquinanti. Dalla documentazione descrittiva “Modulo 3” sono stati individuati ed analizzati tutti i componenti presenti nel pacchetto che dovranno essere installati e l’ordine con il quale verranno installati, le istruzioni generali di installazione e configurazione e le modalità di utilizzo e di elaborazione. Il primo componente presente nel pacchetto software “Modulo 3” che è stato analizzato ed installato, è stato il modulo di elaborazione grafica. Dopo aver consultato il manuale operativo relativi al software, sono stati individuati gli step di installazione e configurazione dei diversi componenti del modulo grafico. Consultando la documentazione, è stata individuata la natura scientifica di tale software che è stato sviluppato ad hoc utilizzando alcune funzioni del GrADS (The Grid Analysis and Display System), strumento di elaborazione grafica compatibile con diversi formati di file scientifici che rappresenta, allo stato attuale, lo standard utilizzato per questo tipo di dati. GrADS è un software open source che fornisce una serie di tools che ci permettono di accedere, personalizzare e visualizzare i file in formato NetCDF, utilizzati nelle elaborazioni e simulazioni di scenari di impatto ambientale degli inquinanti.

Nello step successivo si è provveduto, quindi, all’analisi per l’installazione del componente grafico presente nel pacchetto. Procedendo con ordine, consultando la documentazione allegata, sono stati individuati quelli che sono i requisiti di sistema necessari al suo corretto funzionamento, non presenti nel sistema di calcolo e nel pacchetto software che ci è stato fornito. Il primo requisito richiesto è la Java Virtual Machine che rappresenta l’ambiente di runtime sulla quale viene eseguito il software di rendering. La JVM scelta è la versione 1.6 per ambiente Linux, ovvero l’ultima versione rilasciata per il sistema operativo alla base dell’ambiente di calcolo. La JVM è stata, quindi, scaricata dal sito ufficiale e installata seguendo una procedura standard che prevede compilazione del codice sorgente e quindi l’installazione. Infine è stata avviata da linea di commando e verificato il corretto funzionamento.

Successivamente, è stato installato *Tomcat* ovvero il Server Web sulla quale verrà eseguita l’applicazione Grads, anch’esso non presente all’interno del pacchetto “Modulo 3”. In questo caso, abbiamo utilizzato il pacchetto di installazione presente nei database di repository di Centos, questa scelta assicura l’installazione dell’ultima versione rilasciata per il sistema operativo utilizzato e si evita qualsiasi problema di compatibilità. Inoltre questo metodo assicura l’installazione del

pacchetto principale e anche di tutti gli altri pacchetti di dipendenza (ovvero quei pacchetti necessari al principale). Infine sono state installate le librerie di programmazione API, necessarie per lo sviluppo dell'interfaccia utente realizzata ad hoc per estendere nuove funzionalità e semplicità di utilizzo.

Dopo l'installazione di Tomcat, è stato verificato il corretto funzionamento e la compatibilità con il sistema, è stato infine avviato e sono stati aggiunti gli utenti di admin necessari al Server Web.

Dopo aver installato tutti i requisiti necessari, è stato installato il software di elaborazione grafica relativo al lato Server dell'applicazione, presente anch'esso nel pacchetto software "Modulo 3". Consultando manuali allegati, il componente Server è stato estratto ed installato seguendo le istruzioni previste. Il componente installato è il "gds", GrADS Data Server, ovvero il server dei dati necessario per ulteriori sviluppi futuri e ampliare le funzionalità dell'applicazione GrADS. La versione presente era la gds 2.0 che rappresenta l'ultima versione attualmente rilasciata. Si è quindi proceduto con lo scompattamento del software stesso all'interno del pacchetto e la successiva installazione, infine sono stati riconfigurati alcuni aspetti per rispettare alcune specifiche dell'ambiente di calcolo.

Infine, dopo aver installato tutti i requisiti richiesti e analizzati nella documentazione, è stato quindi installato il componente di elaborazione grafico. La versione presente nel pacchetto software è la 2.0 ovvero l'ultima versione rilasciata per il sistema operativo alla base del sistema Cluster. I sorgenti del pacchetto di installazione sono stati prelevati direttamente dal pacchetto software in fornitura e quindi installato e riadattato per il nuovo sistema ospite. Analizzando il software installato, si è notato un lavoro di pre-configurazione, in quanto, come da noi richiesto, il modulo 3 era già stato configurato per un utilizzo in modalità batch, in maniera tale che il software automaticamente esegua tutti i processi di rendering che di volta in volta vengono accodati alla queue dei processi e, quindi, permettendo una semplice elaborazione dei dati senza che l'utente debba interagire con esso o conoscere comandi di basso livello per la sua esecuzione.

Per ottenere un rendering dei dati personalizzato, il modulo grafico era stato pre-configurato ad hoc per funzionare e per essere utilizzato in modalità interattiva, ovvero eseguendo i moduli ed i comandi che elaborano il rendering direttamente da linea di comando con la possibilità di inserire vari tag e parametri per configurare diversi aspetti. Tuttavia, per incrementare le possibilità di funzionamento, il modulo permette anche di effettuare una configurazione di più basso livello che si adatta meglio ai nostri scopi di elaborazione e per permettere di ottenere un rendering grafico più specifico. In particolare, all'interno del pacchetto "Modulo 3", sono presenti una serie di script di configurazione realizzati ad hoc, per permetterci di personalizzare in maniera completa il software

grafico al fine di ottenere il rendering desiderato, nascondendoci però la complessità che avrebbe comportato una configurazione completamente manuale di più basso livello. Tali script di configurazione sono stati sviluppati su precise richieste dettagliate e sono stati scritti in un linguaggio simil-fortran riadattato per i nostri scopi di rendering grafico. È stato quindi necessario analizzare e capire le sintassi e le istruzioni di questo linguaggio al fine di ottenere la padronanza necessaria per personalizzazione il rendering dei dati NetCDF e ottenere quindi una visualizzazione grafica dei dati in linea con le nostre necessità.

Installazione ed utilizzo dell'interfaccia utente

Dopo aver correttamente installato e verificato tutti i componenti presenti nel "Modulo 3" del progetto, è stata installata l'interfaccia utente presente nel pacchetto software, anche in questo caso, è stato fatto riferimento alla documentazione ed ai manuali descrittivi e operativi per una corretta installazione ed utilizzo. Dopo aver estratto il software dal pacchetto ed installato il tutto, è stato testato il suo funzionamento effettuando rendering e visualizzazione grafica di una simulazione di impatto ambientale precedentemente elaborata, sono stati selezionati i parametri che l'interfaccia consente di modificare attraverso i filtri, quindi la data da visualizzare, l'inquinante di interesse ed altre opzioni di minore importanza. È stato verificato il corretto funzionamento dell'interfaccia, ottenendo il rendering grafico in base ai parametri immessi e filtrati. L'interfaccia si occupa di configurare i parametri all'interno degli script realizzati ad hoc che va a richiamare e di eseguirli in modalità batch per ottenere, in maniera automatizzata, il rendering grafico richiesto. Data la natura estremamente user-friendly della stessa, che è comunque destinata ad un utilizzo da parte di un operatore non addetto al settore e comunque meno esigente dal punto di vista della configurazione, è stato preferito evitare di effettuare altre prove con l'interfaccia, per concentrare il lavoro su un rendering dalla configurazione più elaborata, al fine di ottenere una maggior personalizzazione e padronanza del modulo grafico.

Integrazione tra elaborazione e rendering

Una volta completata la configurazione del modulo di rendering attraverso gli script e, quindi, ottenuto il rendering desiderato utilizzando gli strumenti forniti nel pacchetto software, per una migliore integrazione tra il pacchetto software che stiamo installando (Modulo 3) e quelli precedentemente installati (Moduli 1 e 2) è stato deciso di ottenere un diverso tipo di rendering, ma questa volta integrando tale software grafico, all'interno di alcuni tool di rendering che sono stati automaticamente installati in precedenza insieme al software presente nel pacchetto "Modulo 2" del progetto relativo al Modello di dispersione e reazione degli inquinanti. Questi tool, sono di fatto anch'essi script per il rendering degli output ottenuti con lo stesso pacchetto software di cui fanno parte e sono stati parzialmente riscritti per richiamare le funzionalità e i comandi presenti nel modulo di rendering appena installato, ma nascondono all'utente operatore la complessità derivante dall'utilizzo diretto di quest'ultimi. Utilizzando e configurando, quindi, i tool già presenti nell'installazione completa del Modello di dispersione e reazione è stato possibile integrare i pacchetti software di elaborazione e rendering ottenendo così, in un unica soluzione software, l'elaborazione delle simulazioni (Modulo 2) e anche il rendering grafico (Modulo 3). Questa soluzione, inoltre, è ampiamente personalizzabile nell'aspetto grafico, attraverso l'utilizzo dei tool che wrappano i comandi specifici di rendering. Quindi elaborazione e rendering delle simulazioni, sono adesso presenti in un formato software più compatto e meno incline ad errori da parte dell'utente operatore.

Per il corretto funzionamento dei tool, sono stati estratti ed installati altri 2 ulteriori software riconfigurati ad hoc per funzionare al meglio secondo le nostre esigenze. Infine, è stato effettuato un ulteriore lavoro di affinamento della configurazione per meglio adattare i software al sistema di calcolo. I 2 software utilizzati sono: Il *Ghostscript*, per la creazione e gestione di alcuni tipi di file ps e pdf e per estendere la personalizzazione della visualizzazione grafica degli output delle simulazioni. L'altro software è il GMT, *General Mapping Tool*, che è una collezione di tool necessari per il corretto funzionamento di diversi script per la visualizzazione grafica dei dati di output del modello e per ottenere un rendering personalizzato attraverso una serie di comandi presenti all'interno degli stessi tool.

Per quanto riguarda il rendering ottenuto attraverso gli script di automazione realizzati ad hoc, presenti nel pacchetto grafico “Modulo 3”, quest’ultimi sono già completi di una personalizzazione dei parametri di interesse secondo le nostre specifiche, per cui non c’è stato bisogno di effettuare ulteriore lavoro di configurazione. È bastato selezionare, all’interno degli script, i codici degli inquinanti desiderati e quindi eseguire gli script nel giusto ordine inserendo in input la data di inizio simulazione (che deve ovviamente essere presente tra le simulazioni effettuate) e il numero di giorni da visualizzare. In questo modo è stato possibile ottenere velocemente e facilmente una visualizzazione grafica personalizzata e automatizzata dello scenario voluto.
Tuttavia, allo scopo di facilitare le operazioni necessarie ad ottenere un rendering completo, sono stati realizzati degli script ad hoc che si occupano di automatizzare tutti gli step. Inoltre, è stato realizzato ad hoc un ulteriore script che permette di ottenere in maniera del tutto automatizzata l’archiviazione dei file immagine prodotti all’interno di un Sistema Cartografico ben organizzato e strutturato in base ai parametri degli scenari renderizzati. Per quanto riguarda l’automazione e la creazione automatica del Sistema Cartografico, gli script realizzati ad hoc sono di seguito descritti.

Lo script *chm2grads* permette di convertire i file degli scenari di inquinamento, in formato NetCDF, ottenuto mediante il Modello di Reazione e Dispersione degli inquinanti. Tali file vengono convertiti in un formato che è sempre NetCDF, ma basato su un diverso template, compatibile con il software di Rendering utilizzato per la produzione delle immagini. Questo script viene eseguito a priori per ogni scenario prodotto dal modello precedente, per poter consentire il rendering.

Lo script *mod3grads1.gs* realizzato ad hoc, permette, a partire dai file degli scenari di inquinamento, precedentemente convertiti con lo script *chmtograds*, di effettuare il vero e proprio rendering utilizzando le funzioni messe a disposizione dal pacchetto software di base. Lo script è stato configurato per produrre dei file immagine con una nomenclatura ben precisa, che mette in evidenza le informazioni principali del rendering effettuato a cui il file immagine si riferisce. In questo modo, è stato possibile fare in modo che ogni immagine prodotta, avrà un nome univoco. Ogni file immagine che viene prodotto, seguirà la seguente nomenclatura:

> OUT.*DataIniziale_DataFinale_Dominio_Inquinante_*D*GiornoRipettoDataIniziale*H*OraDelGiornoCorrente*

La data iniziale e finale dello scenario a cui l’immagine si riferisce (nel formato AAAAMMGG), il dominio visualizzato (01, 02 o 03), l’inquinante visualizzato (tipicamente abbreviato con il valore

chimico), il giorno rispetto alla data iniziale (primo giorno, secondo, ecc…), infine l'ora del giono visualizzato (da 00 a 23).

Un esempio di file immagine ottenuto, è il seguente:

out.20101006_20101009_D0M3_CO_D01H01

Successivamente al rendering, sulla base del sistema di nomenclatura utilizzato, è stato realizzato lo script *mod3grads1* che si occupa di organizzare i file immagine prodotti, classificandoli in base allo scenario, all'inquinante e al giorno a cui si riferisce. In questo modo, viene generato in un modo del tutto automatizzato, un vero e proprio Sistema Cartografico che archivia tutti i file immagine generati, seguendo dei criteri ben precisi, all'interno di una struttura a 2 livelli. Il livello 1 rappresenta la directory della scenario renderizzato e il livello 2 sono i file immagine generati.

Allo scopo di automatizzare e rendere più accessibile il rendering, lo script mod3grads1 è stato modificato per permettere di automatizzare completamente tutti i passi necessari dall'esecuzione del rendering, fino alla realizzazione automatizzata del Sistema Cartografico. In questo modo, dopo aver convertito gli output degli scenari di inquinamento, attraverso lo script chmtograds come visto in precedenza, basta semplicemente lanciare lo script mod3grads1 per automatizzare tutto e ottenere i file immagine generati dal rendering all'interno del Sistema Cartografico. In pratica, lo stesso mod3grads1, quando viene eseguito, si occupa a sua volta di eseguire lo script di rendering mod3grads1.gs e infine di archiviare i risultati ottenuti. In questo modo, si è ottenuto un sistema di rendering e archiviazione completo e di facile utilizzo.

Per quanto riguarda il rendering alternativo, ottenuto attraverso l'utilizzo dei tool inclusi nel pacchetto software "Modulo 2", alcune modifiche sono state apportate allo script *ncmapit*, in maniera tale da fornire dati in formato NetCDF. Questo script ci ha permesso di ottenere un output, facilmente comprensibile, dei file relativi agli scenari di inquinamento, prodotti in precedenza dal Modello di dispersione. Tramite i tool inclusi nel pacchetto GMT, invece, sono stati realizzati ad hoc una serie di script complementari a quelli già presenti, opportunamente personalizzati per ottenere il rendering desiderato, in particolare sono stati utilizzati diversi comandi che fanno parte del GMT. Inoltre, i comandi GMT, sono stati anche utilizzati all'interno dello script ncmapit per ottenere maggiori personalizzazioni grafiche degli output. I comandi principali utilizzati sono: *pscontour* per ottenere immagini di contorni con triangolazione di dati, il comando *psscale* per creare scale di grigi o gradazioni di colori per le mappe, *pscoast* per renderizzare territori, masse

d'acqua, coste fiumi e il comando *pstext* per visualizzare stringhe di testo su mappe in diverse modalità. Infine, gli script realizzati, sono stati copiati all'interno della stessa directory in cui sono presenti i tool grafici, in maniera tale da aggiornare gli script standard con i nuovi script personalizzati, aggiornando naturalmente anche il wrapping dei comandi grafici precedentemente integrati e configurati attraverso gli script realizzati ad hoc.

Per quanto riguarda l'elaborazione del rendering delle simulazioni, gli script di particolare interesse sono *ncmapit* e *exachim*. Lo script ncmapit come detto in precedenza, è stato usato per ottenere, a partire dai file degli scenari prodotti, un file di più facile comprensione per il rendering. Questo file è definito di "PostScript", ovvero un file che contiene tutte le informazioni necessarie al rendering grafico degli output del Modello di dispersione ottenuti dalle precedenti simulazioni. Per fare questo, ncmapit richiede il pacchetto di tool GMT installato in precedenza e, inoltre, necessita di una serie di informazioni per elaborare il PostScript. Tali informazioni, gli vengono passati come argomenti di input: Il nome (compreso di path) del file di output della simulazione su cui effettuare il rendering, il nome dell'elemento inquinante da prendere in considerazione per l'analisi, la data e l'ora di inizio elaborazione nel formato richiesto dal Modello di dispersione, l'indice del layer che si intende visualizzare, (data la natura 2D dei campi di interesse, il level è stato settato ad 1), infine, il nome che si intende dare al file PostScript.

A partire dall'output ottenuto, alcuni script vengono innestati per lavorare su tale output e personalizzarlo ulteriormente. In particolare, una volta ottenuto il file di PostScript, quest'ultimo è stato utilizzato per ottenere una prima visualizzazione grafica di esempio, utilizzando una palette di colori che è stata personalizzata per ottenere l'effetto voluto. Per questo tipo di rendering, è stato utilizzato il software *Ghostscript*, anch'esso precedentemente installato.

Per un ulteriore visualizzazione grafica del file di PostScript, sono stati utilizzati i tool appartenenti al package *Imagemagick*. Editando gli script forniti è stato possibile modificare ulteriormente i dati di output secondo le più svariate possibilità. Ottenuti file di tipo png, sono state effettuare varie elaborazioni sia mediante *convert* che *modify*, evidenziando o modificando sezioni di immagini.

Principalmente, oltre al tool grafico *ncmapit* già modificato ad hoc, sono stati editati altri due file che ci hanno permesso di personalizzare e manipolare ulteriormente l'output ottenuto dalle simulazioni:

Il primo è lo script shell denominato "*batch1*" che esegue in background ulteriori operazioni di manipolazione sull'output grafico ottenuto dallo script *ncmapit* in maniera tale da rendere più leggibile lo schema grafico. I comandi principalmente utilizzati, sono stati "*convert*" e "*mogrify*" che hanno reso possibile la personalizzazione dell'output.

In particolare, per quanto riguarda la personalizzazione dello script *batch1*, è stato utilizzato il comando *convert* per convertire dati di formato diverso, come nel nostro caso da ps, (formato dati in PostScript ottenuti mediamente operazioni in modalità batch di Ghostscript) a png (Portable Network Graphic), per il porting sul web. Il comando *mogrify* è stato utilizzato per quanto riguarda le dimensioni e il ritaglio del grafico.
L'altro file è uno script php, "*execmod3.php*" con il quale è stato possibile interagire direttamente dal lato back-end dell'applicazione web, per ottenere una diversa tipologia di output. Editando questo file, è stato possibile specificare direttamente, senza passare quindi per l'interfaccia grafica, tutti quei parametri che, normalmente, si dovrebbero impostare attraverso gli argomenti di input da passare all'ncmapit che poi elabora il file di PostScript, oppure utilizzando la tipica interazione. Lo stesso script è stato anche utilizzato per cambiare la metodologia di visualizzazione e organizzazione della banca dati cartografica.

Attraverso lo script *execmod3.php*, settando una serie di variabili e modificando alcuni blocchi di codice, è stato anche possibile personalizzare il rendering grafico in maniera tale da ottenere una serie di grafici particolari per un analisi completa e più variegata degli output delle simulazioni. Per esempio, è stato possibile ottenere in maniera diretta l'impatto ambientale che un inquinante ha per tutta la giornata ora per ora in maniera tale da fare un raffronto e una classificazione temporale. Oppure modificare il nome della mappa che si vuole realizzare per ottenere eventualmente una classificazione particolare per nome assegnando al nome della mappa, composto anche dal nome del file in input dato al sistema, una radice specifica che include anche il nome dell'inquinante filtrato. Oppure, modificando altri blocchi di codice, è stato possibile realizzare direttamente mappe giornaliere per tipo di inquinante attraverso blocchi di codice PHP, per esempio realizzando mappe orarie rappresentanti uno stesso inquinante in un giorno specifico dalle ore 00:00 alle ore 09:00.

Tutti gli script ad hoc sopra descritti permettono, quindi, di ottenere un rendering dei risultati, a partire dagli stessi tool messi a disposizione dal "Modulo 2".

In generale, per entrambi i sistemi di rendering, date le numerosissime personalizzazioni fatte per ottenere una serie di rendering differenti, sono stati citati solo alcuni esempi delle tipologie di configurazioni realizzate per completare il lavoro di analisi svolto in parallelo sulla base dei grafici ottenuti.

Analisi del materiale grafico prodotto

Di seguito una lista completa dei plot prodotti relativi agli scenari di inquinamento realizzati. Dato il gran numero di plot, sono stati elencati e raggruppati in base allo scenario di inquinamento a cui si riferiscono, il dominio ed infine l'inquinante che viene visualizzato. La data di inizio e fine scenario è nel formato aaaammgg_aaaammgg, il dominio scelto per il rendering è sempre il terzo, per cui DOM3. Infine l'inquinante viene indicato il suo simbolo chimico. Gli inquinanti scelti per la visualizzazione e produzione dei plot sono CO, NO, NO2, O3 o PM10:

1. out.20101006_20101009_D0M3_CO
2. out.20101006_20101009_D0M3_NO
3. out.20101006_20101009_D0M3_NO2
4. out.20101006_20101009_D0M3_O3
5. out.20101006_20101009_D0M3_PM10
6. out.20101215_20101220_D0M3_CO
7. out.20101215_20101220_D0M3_NO
8. out.20101215_20101220_D0M3_NO2
9. out.20101215_20101220_D0M3_O3
10. out.20101215_20101220_D0M3_PM10
11. out.20101225_20101230_D0M3_CO
12. out.20101225_20101230_D0M3_NO
13. out.20101225_20101230_D0M3_NO2
14. out.20101225_20101230_D0M3_O3
15. out.20101225_20101230_D0M3_PM10
16. out.20110102_20110107_D0M3_CO
17. out.20110102_20110107_D0M3_NO
18. out.20110102_20110107_D0M3_NO2
19. out.20110102_20110107_D0M3_O3
20. out.20110102_20110107_D0M3_PM10
21. out.20110126_20110131_D0M3_CO
22. out.20110126_20110131_D0M3_NO
23. out.20110126_20110131_D0M3_NO2
24. out.20110126_20110131_D0M3_O3
25. out.20110126_20110131_D0M3_PM10
26. out.20110131_20110206_D0M3_CO
27. out.20110131_20110206_D0M3_NO
28. out.20110131_20110206_D0M3_NO2
29. out.20110131_20110206_D0M3_O3
30. out.20110131_20110206_D0M3_PM10
31. out.20110301_20110308_D0M3_CO
32. out.20110301_20110308_D0M3_NO
33. out.20110301_20110308_D0M3_NO2
34. out.20110301_20110308_D0M3_O3
35. out.20110301_20110308_D0M3_PM10
36. out.20110308_20110315_D0M3_CO
37. out.20110308_20110315_D0M3_NO
38. out.20110308_20110315_D0M3_NO2

39. out.20110308_20110315_D0M3_O3
40. out.20110308_20110315_D0M3_PM10
41. out.20110316_20110323_D0M3_CO
42. out.20110316_20110323_D0M3_NO
43. out.20110316_20110323_D0M3_NO2
44. out.20110316_20110323_D0M3_O3
45. out.20110316_20110323_D0M3_PM10
46. out.20110430_20110507_D0M3_CO
47. out.20110430_20110507_D0M3_NO
48. out.20110430_20110507_D0M3_NO2
49. out.20110430_20110507_D0M3_O3
50. out.20110430_20110507_D0M3_PM10
51. out.20110507_20110513_D0M3_CO
52. out.20110507_20110513_D0M3_NO
53. out.20110507_20110513_D0M3_NO2
54. out.20110507_20110513_D0M3_O3
55. out.20110507_20110513_D0M3_PM10
56. out.20110516_20110521_D0M3_CO
57. out.20110516_20110521_D0M3_NO
58. out.20110516_20110521_D0M3_NO2
59. out.20110516_20110521_D0M3_O3
60. out.20110516_20110521_D0M3_PM10
61. out.20110521_20110525_D0M3_CO
62. out.20110521_20110525_D0M3_NO
63. out.20110521_20110525_D0M3_NO2
64. out.20110521_20110525_D0M3_O3
65. out.20110521_20110525_D0M3_PM10
66. out.20110525_20110529_D0M3_CO
67. out.20110525_20110529_D0M3_NO
68. out.20110525_20110529_D0M3_NO2
69. out.20110525_20110529_D0M3_O3
70. out.20110525_20110529_D0M3_PM10
71. out.20110529_20110602_D0M3_CO
72. out.20110529_20110602_D0M3_NO
73. out.20110529_20110602_D0M3_NO2
74. out.20110529_20110602_D0M3_O3
75. out.20110529_20110602_D0M3_PM10
76. out.20110704_20110708_D0M3_CO
77. out.20110704_20110708_D0M3_NO
78. out.20110704_20110708_D0M3_NO2
79. out.20110704_20110708_D0M3_O3
80. out.20110704_20110708_D0M3_PM10

Degli stessi plot sopra elencati, sono stati realizzati anche le versioni relative agli scenari alterati con "PAR 0", ovvero gli scenari realizzati utilizzando parametri degli inquinanti prossimi allo zero (vedere documentazione relativa al WP 3 per ulteriori informazioni).

Di seguito la lista completa dei plot relativi agli scenari di inquinamento "PAR 2", ovvero con parametri di inquinamento alterati con fattore moltiplicativo pari a 2 (valori degli inquinanti raddoppiati):

1. out.20101215_20101220_D0M3_CO
2. out.20101215_20101220_D0M3_NO
3. out.20101215_20101220_D0M3_NO2
4. out.20101215_20101220_D0M3_O3
5. out.20101215_20101220_D0M3_PM10
6. out.20101225_20101230_D0M3_CO
7. out.20101225_20101230_D0M3_NO
8. out.20101225_20101230_D0M3_NO2
9. out.20101225_20101230_D0M3_O3
10. out.20101225_20101230_D0M3_PM10
11. out.20110704_20110708_D0M3_CO
12. out.20110704_20110708_D0M3_NO
13. out.20110704_20110708_D0M3_NO2
14. out.20110704_20110708_D0M3_O3
15. out.20110704_20110708_D0M3_PM10

Conclusioni

Sono state prodotte mappe relative a 16 scenari con valori di inquinamento non alterati. Ogni scenario ha una durata media di 5 giorni di simulazione per un totale di 80 giorni simulati e renderizzati.

Per ogni giorno sono state prodotte mappe a cadenza oraria (24 mappe per giorno) relative a 5 inquinanti selezionati (CO, NO, NO2, O3, PM10). Considerando il numero totale di ore per gli 80 giorni di simulazione, il numero di mappe prodotte è circa 2000 per ogni inquinante selezionato. Considerando tutti i 5 inquinanti, il numero totale di mappe prodotte è circa 10000.

Per gli stessi scenari ma in versione "PAR 0" (con fattore moltiplicativo quasi 0), sono state prodotte le stesse quantità di mappe grafiche, quindi ulteriori 10000.

Per quanto riguarda i 3 scenari "PAR 2" (con fattore moltiplicativo pari a 2), sono state prodotte altre 1800 mappe circa.

Tenendo in considerazione tutte le simulazioni effettuate e le versioni con valori di inquinamento alterati, il numero totale di mappe grafiche prodotte è di circa 22000 mappe.

WP6-3 - Analisi dei Risultati

Schema

A) Sintesi delle Attività svolte

1) **Calendario sinottico progressivo (scenari ↔misure laboratorio mobile)**
2) **Confronti stagionali sintetici (scenari ↔ laboratorio mobile ↔ Centraline ARPAC)**
3) **Conferma della validità e affidabilità della Metodologia Modellistica / riscontri oggettivi/ dettagli spazio-temporali accurati/ utilizzo di meteorologia reale**
4) **Confronti interstagionali per PM_{10} e per ciascuno degli inquinanti gassosi**
5) **Analisi di casi estremi imprevisti (incendi anche diffusi, incidenti) segnalati dalla Rete Regionale ARPAC.**

B) La Rete Regionale di Centraline fisse. Critiche e suggerimenti

6) **Critica della attuale situazione carente della Rete Regionale di Centraline fisse.**
7) **Potenzialità dell'analisi: monitoraggio di aree non coperte dalla Rete Regionale di Centraline fisse –:supplenza o integrazione della Rete Regionale – suggerimenti per il rafforzamento della R.R.**

C) Potenzialità predittiva degli scenari

8) **Capacità di simulare le conseguenze di variazioni nella tecnologia delle emissioni complessive o per settori (industria, servizi, traffico) o per l'installazione di nuovi mpianti.**
9) **Capacità di valutare la Qualità dell'Aria a breve(oggi/domanidopodomani) dallo scenario sviluppato per i 4-5 giorni precedenti**

D) Utilizzabilità e Commerciabilità dei prodotti

A) Sintesi delle Attività svolte

WP6-3.1 Calendario sinottico progressivo (scenari calcolati ↔ misure laboratorio mobile)

Scenari PM_{10} CO, NO_2, NO, O_3	**Laboratorio mobile DUST SCAN (PM_{10})**	**Laboratorio mobile ETL BUS (CO. NO_x, O_3)**
	14-16 dicembre 2009	
	23-26 luglio 2010	
	22-24 settembre 2010	
clima autunnale:		
6-9 ottobre 2010;		
clima invernale:		
15-20 dicembre 2010	16-21 dicembre 2010	
25-30 dicembre 2010	27-31 dicembre 2010	
2-7 gennaio 2011	1-7 gennaio 2011	
26-31 gennaio 2011		25-31 gennaio 2011
31 gennaio-6 febbraio		1-10 febbraio 2011
clima semi-primaverile:		
1-8 marzo 2011,		
8-15 marzo 2011,		
16-23 marzo 2011		
		6-8 aprile
clima primaverile:		
30 aprile-7 maggio	2-6 maggio 2011	2-6 maggio 2011
7 maggio-13 maggio	9-13 maggio 2011	9-13 maggio 2011
16-21 maggio	16-23 maggio 2011	16-23 maggio 2011
21-25 maggio		
		27-30 maggio 2011
clima estivo:		
		30 giugno-4 luglio 2011
6-8 luglio		5-17 luglio 2011

WP6-3.2. Confronti stagionali sintetici tra i Risultati calcolati dalla catena WRF-EMEP-CHIMERE, e quelli registrati dal Laboratorio Mobile e dalle Centraline ARPAC.

Introduzione

Gli Scenari in una prima fase, sono stati preparati relativamente ai giorni caratterizzati da clima autunnale e invernale da ottobre 2010 ai primi di febbraio 2011, in una seconda fase relativamente ai giorni di marzo caratterizzati da clima semi-primaverile, in una terza fase relativamente ai giorni di fine aprile – maggio (clima primaverile) e infine ai giorni di fine giugno –luglio (clima estivo) :

WP6-3.2.1 Fase caratterizzata da clima autunnale e invernale (ottobre 2010 – febbraio 2011).

I risultati delle valutazione dei valori delle polveri sottili PM_{10}:

In dettaglio, si può effettuare la seguente analisi:

1) a ottobre 2010: i risultati calcolati dalla catena WRF-EMEP-CHIMERE forniscono valori medi orari oscillanti di 15 - 50 -g/m^3 su tutto il territorio indagato; con valori tra 15 e 27 -g/m^3 o inferiore a 10 -g/m^3 sull'area di Napoli e punte massime di 35 – 50 -g/m^3 in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli, dell'Asse mediano e dei Nodi Autostradali della Caserta - Salerno con la Napoli -Canosa e con la Napoli – Pompei - Salerno a secondo dell'ora e del giorno.
Valori analoghi sono stati inoltre registrati dalle Centraline ARPAC dei Capoluoghi nei giorni di ottobre con una tendenza a crescere con il progredire del mese. I valori più bassi in tutto questo periodo, sono riportati dalle Centraline dello Osservatorio Astronomico di Napoli e da quelle di Avellino Città.

2) a dicembre 2010: i risultati calcolati dalla catena WRF-EMEP-CHIMERE forniscono valori medi orari oscillanti con punte estreme di 5 - 110 -g/m^3 su tutto il territorio indagato; con valori tra 10 e 30 -g/ sull'area di Napoli e con valori frequenti tra 10 e 40 -g/m^3 ma con punte massime di 80 - 110 -g/m^3 in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli, dell'Asse mediano e dei Nodi Autostradali della Caserta - Salerno con la Napoli -Canosa e con la Napoli – Pompei - Salerno a secondo dell'ora e del giorno. I valori più alti si sono registrati nei giorni 17 e 18 dicembre (venerdì e sabato) 2010 e all'alba del 25 dicembre: è evidente la connessione tra le condizioni meteorologiche e l'incremento del traffico di merci sulle strade extraurbane in previsione dei consumi festivi, e il graduale decremento a fine anno.
In tutto il periodo di dicembre 2010 le Centraline ARPAC hanno registrato valori medi giornalieri

compatibili. Per altro in concomitanza della fine dell'anno i valori sono schizzati fino a 130 a Napoli e a 166 a Benevento.
I valori più alti (compreso quello di 130 -g/m^3 in una stazione di Napoli Città) registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi urbani sono ancora al di sotto dei livelli di attenzione previste dagli standard di Qualità dell'Aria, con l'eccezione del 30 dicembre a Benevento dove vi è stato lo sforamento del livello di attenzione (D.M. 60 del 2 aprile 2002).

Andamento analogo si è riscontrato nei primi giorni di gennaio 2011. I valori più alti calcolati dalla catena WRF-EMEP-CHIMERE forniscono valori medi con punte massime di 80 - 110 -g/m^3 il giorno 3 gennaio (lunedì) 2011 sulla Napoli – Canosa - Bari in corrispondenza degli svincoli Avellino – Salerno e Avellino - Benevento e della zona Industriale di Avellino Est: è evidente la connessione tra le condizioni meteorologiche e l'incremento del traffico di merci sulle strade extraurbane alla ripresa delle attività all'inizio del nuovo anno.
Lo stesso si è osservato per i dati di fine gennaio e primi di febbraio 2011: i risultati calcolati dalla catena WRF-EMEP-CHIMERE hanno indicato abbastanza uniformemente valori medi orari tra 5 e 40 -g/m^3 con punte massime tra le 7 e le 8 del mattino del 28 gennaio, su tutto il territorio regionale. A partire dal 27 mattina si sono calcolati valori di 70 -80 -g/m^3 e anche di 100 -g/m^3 nelle ore serali in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli e del Nodo Autostradale della Caserta - Salerno con la Napoli - Canosa.
Alla ripresa dell'anno nuovo e fino ai primi di febbraio le Centraline ARPAC nei Capoluoghi hanno registrato valori tra 23 e 75 -g/m^3 .Nei giorni 5 – 7 febbraio le Centraline ARPAC nei Capoluoghi e ad Acerra hanno registrato una impennata molto forte con valori medi giornalieri tra 70 e persino 237 -g/m^3 in Napoli città.
Quest'ultimo valore di 237 -g/m^3 registrati da una delle Centraline ARPAC di Napoli ha sforato di molto il livello di attenzione previsto dagli standard di Qualità dell'Aria (150 -g/m^3) avvicinandosi a quello di allarme (300 -g/m^3) (D.M. 60 del 2 aprile 2002).

E' da sottolineare quindi che dal 5 febbraio alcune Centraline ARPAC nella Città di Napoli hanno registrato valori molto elevati e fuori norma. Il fatto che questi valori medi giornalieri non siano previsti dalle simulazioni dovrebbe indicare una discordanza tra i valori delle emissioni forniti dal modulo EMEP e focolai di emissioni locali diversi dal traffico o dalle emissioni di fondo della Regione, non previsti da EMEP stesso: questa fonte aggiuntiva dovrebbe essere rappresentata probabilmente dai roghi dei cumuli di immondizia verificatesi in alcuni punti della Città.

INQUINANTI GASSOSI.

(Per ottobre la T media stimata è stata assunta di 15 °C, per dicembre-gennaio di 10 °C).

-NO_2

Anche nel caso dell'NO_2 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto con le concentrazioni ottenute dalle simulazioni sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli Scenari calcolati in realtà forniscono delle rappresentazioni molto più dettagliate, essendo riportate per ogni ora del giorno. (Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno).

I valori prodotti dalla catena di calcolo WRF-EMEP-CHIMERE da ottobre 2010 fino ai primi di febbraio 2011 variano tra 2 e 47 -g/m^3 con punte in Napoli centro, **soprattutto tra Mergellina e via Duomo**, che arrivano anche a 78 – 97 -g/m^3 nelle prime ore delle mattinate (tra le 6 e le 9) e le prime della sera (17 – 19). Valori simili erano calcolati per il raccordo Avellino – Salerno.

I valori più bassi sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra ma le punte massime orarie relative ad alcune aree di Napoli città sembrano dovute ad un accumulo provvisorio dovuto ad ingorghi di traffico in assenza di vento e presenza di forte insolazione.

Nei giorni 5 – 7 febbraio le Centraline ARPAC nei Capoluoghi hanno registrato una impennata molto forte con valori medi giornalieri tra 40 e 95 -g/m^3 in Napoli città del tutto coerenti con quelli calcolati.

- NO

Per l'NO il confronto diretto con i dati misurati delle Centraline ARPAC non è possibile , in quanto queste ultime non registrano normalmente i dati relativi allo stesso.

Per ottobre e dicembre 2010: i risultati calcolati dalla catena WRF-EMEP-CHIMERE suggeriscono valori che variano tra 0.25 e 15 -g/m^3 nel corso della giornata salvo punte di 22, 30 e 43 -g/m^3 nelle primissime ore del mattino. Negli ultimi giorni dicembre, per altro, si raggiungevano perfino 75 – 114 -g/m^3 nelle prime ore del mattino

A gennaio 2011: gli scenari suggeriscono invece valori che variano tra 0.5 e 17,5 -g/m^3 nel corso della giornata salvo punte di 62-65 -g/m^3 nelle prime ore della sera, alla fine della insolazione, quando le reazioni secondarie fotoindotte e la calma dei venti fanno ristagnare questo gas prodotto

dalle combustioni.

Questi valori sembrano però sottostimati in quanto inferiori a quelli dell'NO_2 nel corso delle giornate, tranne che alle ore di molte mattine, quando sono paragonabili. In realtà all'atto della emissione da un motore o da una caldaia l'NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all'unità o addirittura a valori nettamente inferiori.

D'altra parte una analisi dei dati messi in rete dalla Regione Lazio suggeriscono dei rapporti $(NO + NO_2)/NO_2$ dell'ordine di 1.1 – 1.67 nell'atmosfera, valori che registrano la situazione una volta che i fumi caldi contenenti i due inquinanti si siano diluiti e mescolati con l'aria normale, e abbiano reagito con l'ossigeno atmosferico molto più concentrato di quello residuo negli stessi fumi fuoriuscenti dalla bocca del combustore, quale esso sia.

- CO

Anche nel caso del CO bisogna altresì tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno.

I valori calcolati dalla catena WRF-EMEP-CHIMERE per il periodo invernale da ottobre 2010 ai primi di febbraio 2011 potrebbero suscitare qualche perplessità, in quanto i valori massimi simulati (0,18 -0,75 mg/m^3 ma con punte anche superiori a 1,1 mg/m^3), (tutti concentrati sull'area di Napoli città; qualche massimo relativo riguarda le sere in direzione dell'autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, ma con valori limitati inferiori a 0,45 mg/m^3); risultano molto più alti dei dati delle Centraline, spesso ai limiti della sensibilità strumentale (0.1 mg/m^3) o addirittura non registrati. (Nota bene per il CO, l'inquinante di gran lunga più abbondante, si utilizzano come unità di misura mg/m^3 che equivalgano a 1000 -g/m^3). D'altra parte un rapido confronto con i dati riportati in rete per le Centraline della Regione Lazio e in particolare per Roma forniscono risultati sperimentali dello stesso ordine di grandezza di quelle delle Centraline Campane.

Lo stesso si può dire per l'andamento dei dati annuali forniti per la provincia di Carrara dalla ARPAT della Regione Toscana. In realtà i dati delle Centraline della Rete Regionale in questo periodo in qualche caso hanno registrato valori di 0,4 – 1,6 con una punta di 2.1 a Caserta-Centurano e di 1,3 – 2,2 con la punta di 3,2 mg/m^3 al Museo Nazionale il 7 gennaio.

I valori medi giornalieri misurati dal Laboratorio Mobile in via Consalvo a Fuorigrotta erano tra 0.12 e 0.47 mg/m^3 mentre gli ultimi dati registrati per le Centraline ARPAC nei giorni precedenti, ma in altri quartieri di Napoli, risultavano anche superiori a 1.3 mg/m^3 (si tenga però presente che la Centralina ARPAC più vicina, quella della Scuola Silio Italico, non è funzionante da diverso tempo).

Si tenga comunque presente che il CO (peso molecolare 28) è un gas relativamente più leggero dell'aria (si confronti il peso molecolare medio pesato di questa ultima che è di 28.8) e quindi tende a stratificarsi più in alto rispetto al livello del suolo. Mentre le pompe delle Centraline aspirano l'aria a qualche metro di altezza, i risultati delle simulazioni della catena WRF-EMEP-CHIMERE, salvo indicazioni diverse, si riferiscono ad una quota corrispondente ad una pressione convenzionale di 995 mbar, il che implica una diffusione anche in verticale in strati fino a diverse decine di metri di altezza.

- O_3

Anche nel caso dell'O_3 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere; il confronto con le concentrazioni riportati nelle Mappe degli scenari sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.

I valori massimi valutati nel periodo invernale da ottobre 2010 a febbraio 2011 variano tra 35 e 100 -g/m^3 che variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.

Tali valori sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra; le Centraline nei giorni finali dell'anno e il 3 gennaio segnalano valori fino a 75 – 90 -g/m^3 a Caserta ed Acerra, 120 -g/m^3 a Salerno. In tutto questo periodo i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC raggiungevano solo in pochi casi valori di 100 -g/m^3. Alcune punte massime orarie relative ad alcune aree di Napoli città sembrano dovute ad un accumulo provvisorio dovuto ad ingorghi di traffico in assenza di vento e presenza di forte insolazione.

I valori calcolati sembrano quindi coerenti con a quelli misurati in alcuni giorni dalle Centraline ARPAC. Si tenga d'altra parte presente che l'atmosfera della Regione Campania è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2 e O_3), e da componenti chimicamente riducenti. Oltre al CO tra questi ultimi vanno annoverati i composti organici volatili. ***Questi ultimi provengono da varie fonti: da combustioni parziali, da emissioni di depositi di solventi o carburanti, soprattutto da emissioni della vegetazione: l'insieme di queste sostanze (i "cosiddetti precursori dell'ozono")*** impediscono un rapido consumo dell'ozono stesso ad opera di reazioni secondarie anche in condizioni di buona insolazione (come l' NO_2 anche l' O_3 tende ad essere fotoscisso dalla radiazione nel vicino U.V.). In particolare le emissioni dalla vegetazione di Composti Organici Volatili (COV in inglese VOC) potrebbero essere stati sottostimati per la Campania dalle Banche dati di EMEP e questo spiegherebbe le lievi anomalie riscontrate.

Inoltre le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località costiere si ha un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.

Parte sperimentale

Sono state quindi condotte delle brevi campagne di misura con il **Laboratorio mobile** attrezzato con il misuratore di polveri sottili DUST SCANN e con l'analizzatore di gas ETL BUS. Per la seconda strumentazione vengono commentati soltanto i dati medi giornalieri del 9 e 10 febbraio 2011 in quanto in precedenza era stato necessario revisionarlo e tararlo nuovamente.

In questa fase, caratterizzata da clima invernale, le misure in campo delle polveri sottili PM_{10} con il DUSTSCANN del Laboratorio Mobile sono state condotte nei giorni:

16 dicembre 2010: in 4 siti di Napoli Est;

18 - 19 e 21 dicembre 2010 (misure continuative con postazione fissa), in Piazza IV Giornate;

27 dicembre 2010 – 7 gennaio 2011 (misure continuative con postazione fissa) nelle adiacenze dell'Ospedale Monadi;

le misure di inquinanti gassosi (CO, NO_x e O_3) con l'ETL-BUS del Laboratorio Mobile sono state condotte nei giorni:

25 gennaio – 10 febbraio 2011 (misure continuative con postazione fissa) via Consalvo a Fuorigrotta.

Tra dicembre 2010 e gennaio 2011 le misure di polveri sottili sono state effettuate nella zona di Napoli Est e nelle zone collinari della città. I valori misurati erano in buon accordo o al limite compatibili con i risultati degli Scenari calcolati e i dati delle Centraline di Napoli. In particolare l'andamento lungo questo periodo seguiva fedelmente le variazioni giornaliere in particolare per i valori estremi prenatalizi e di fine anno (in questo caso le polveri generate dai fuochi di Capodanno). In dettaglio:

16 dicembre 2010: via De Roberto e traverse adiacenti (Napoli EST) la determinazione delle polveri sottili PM_{10} fornivano un valore di 19 -g/m^3 e in alcuni punti al riparo della ***sopraelevata anche di soli 8*** -g/m^3. Nello steso periodo le centraline ARPAC delle Ferrovie segnalavano un valor medio giornaliero di 27 e quella di via Argine di 47 -g/m^3. Sembrerebbe che nel breve periodo di misura nei dintorni di via De Roberto questa località sia stata particolarmente ventilata e che non vi siano sorgenti locali considerevoli.

18 - 19 e 21 dicembre 2010 (misure continuative con postazione fissa su di una terrazza di un piano alto nei dintorni di Piazza IV Giornate): la determinazione delle polveri sottili PM_{10} fornivano valori variabili tra 6.5 e 15.5 -g/m^3 a secondo dell'ora e soprattutto dell'attività del cantiere nella adiacente via D'Isernia. Nello steso periodo la centralina ARPAC dell'Ospedale Santobono segnalava un valore medio giornaliero di 37 -g/m^3 . Poiché la postazione fissa era collocata su di una terrazza al sesto piano abbastanza ventilata, mentre la centralina ARPAC è situata nel cortile

dell'Ospedale la discrepanza è del tutto accettabile.

27 dicembre 2010 – 7 gennaio 2011 (misure continuative con postazione fissa su di una terrazza di un piano alto nei dintorni dell'Ospedale Monadi – via Orsoline a Santa Croce): la determinazione delle polveri sottili PM_{10} fornivano valori variabili tra 15 e 21 -g/m^3 a secondo dell'ora nei giorni tra il 27 e il 29 dicembre; questi valori crescevano fino a 30-40 -g/m^3 nei giorni tra il 30 dicembre e il 2 gennaio con una punta estrema di 69-70 -g/m^3 nelle ore notturne del 31 dicembre e nelle prime ore del 1° gennaio, per ritornare a valori di 23-26 -g/m^3 nei giorni dal 3 al 5 e calare infine a 10 -g/m^3 nei giorni 6 e 7 gennaio. E' quindi chiarissimo che il picco estremo verificatosi la notte di Capodanno e stato causato dalle esplosioni dei fuochi artificiali. Nei giorni critici di fine anno le centraline ARPAC di quartieri collinari di Napoli segnalavano valori medi giornalieri anche di 60-100 -g/m^3 con punte fino a 130 -g/m^3 a via Argine. Nei giorni successivi le centraline ARPAC segnalavano ancora valori molto alti e fuori dalle medie giornaliere delle settimane precedenti. Evidentemente mentre sulla terrazza dell'ultimo piano di via Orsoline la ventilazione operava più rapidamente, ancora il 7 gennaio la centralina di via Argine segnalava 130 -g/m^3 indicando che la cappa di aerosol e particolato stagnava ancora sulla città.

Inquinanti gassosi (CO, NOx – somma di NO_2 e NO - e O_3)

25 gennaio -10 febbraio 2011: vengono discussi solo i dati del 9 e 10 febbraio (misure continuative con ETL BUS, postazione fissa su di una terrazza di un piano basso di via Consalvo a Fuorigrotta).

Per il monossido di carbonio (CO) i valori medi giornalieri riscontrati erano di 0.40 mg/m^3 il giorno 9.2. e di 0.12 mg/m^3 per il 10.2 e di 0.47 per l'11.2.2011, mentre gli ultimi dati registrati per le Centraline ARPAC nei giorni precedenti risultavano anche superiori a 1.3 mg/m^3 (si tenga però presente che la Centralina ARPAC più vicina, quella della Scuola Silio Italico, non è funzionante da diverso tempo).

Per il gli ossidi misti di azoto (NO_x) i dati medi giornalieri riscontrati erano di 151 per il 9 e 11 febbraio e di 102 -g/m^3 per il 10 febbraio, contro valori registrati dalle Centraline ARPAC per il solo NO_2, mai superiori a 95 -g/m^3. Si noti però che gli NO_x risultano dalla somma di NO + NO_2 e quindi si spiegano le differenze.

Per altro i valori medi orari presentavano dei picchi che però non sforavano la normativa sugli Standard della Qualità dell'Aria. Infine per l'ozono (O_3) i dati misurati da ETL BUS risultavano di 57 e 114 -g/m^3 rispettivamente per il 9 e 10 febbraio e di 71 per il giorno 11, contro valori registrati dalle Centraline ARPAC mai superiori a 39 -g/m^3 . Come detto però la Centralina ARPAC più vicina a via Consalvo (quella della scuola Silio Italico a Fuorigrotta) è da tempo non funzionante;

quindi i dati di confronto si riferiscono a quartieri abbastanza distanti dalla stessa via Consalvo. Comunque la postazione fissa dell'ETL BUS in questo caso è situata in una zona ad alto traffico e ciò spiega i valori più alti registrati per NO_x e O_3 rispetto a quelli misurati in altre zone della Città. Invece i dati relativamente bassi del CO vengono spiegati con la volatilità e densità ridotta di questo gas che lo allontana rapidamente dalla postazione dell'ETL BUS, mentre il valor medi di altre aree cittadine risente meglio di una distribuzione diffusa su tutta l'area urbana.

I risultati per le polveri sottili (**PM_{10}**) ottenuti con DUST SCANN sono riportati nella **Banca Dati WP4-3_ Allegato_A8** e i Grafici **corrispondenti nell' Allegato_A9.**
I risultati stessi vengono confrontati con i dati ottenuti negli stessi periodi dalle Centraline ARPAC funzionanti per gli stessi giorni. I dati delle Centraline ARPAC per il periodo interessato sono stati raccolti su di un CD, che costituisce la **Banca Dati WP4-3_ Allegato_ A7.**

Commento complessivo alle determinazioni sperimentali effettuate nelle fasi caratterizzate da clima invernale:
Anche se a distanza di un anno, le misure effettuate a dicembre sia nel 2009 (vedi pg. 14) che nel 2010 in località anche abbastanza distanti (località nei dintorni di Caserta o siti della Città di Napoli) sembrano abbastanza concordi tra loro e concordanti con i dati riportati dalle Centraline ARPAC in quartieri dei due Capoluoghi distanti anche alcuni km fra di loro e fra le località studiate. Ovviamente non sono considerati in questo commento i dati misurati nelle giornate di fine anno caratterizzate dalle esplosioni ripetute e continue di fuochi artificiali. Le due indagini a distanza di un anno sembrano peraltro suggerire una considerevole affidabilità all'indagine sperimentale condotta con i limitati strumenti a disposizione e ciò può essere di garanzia per future indagini sul territorio e integrare i dati delle Centraline fisse e validare ulteriori indagini condotte con simulazioni di calcolo parallelo che utilizzano la catena di programmi WRF-EMEP-CHIMERE.

WP6-3.2.2 Fase caratterizzata da clima semi-primaverile (marzo 2011)

→ PM_{10}

Sempre tenendo conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto per il PM_{10} per le prime tre settimane di marzo, con un clima semi-primaverile, sembra abbastanza soddisfacente dal punto di vista del programma di simulazione. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati ora per ora per ciascun giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura stessa della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di essa.

I valori degli scenari simulati variano tra 10 e 15 -g/m^3 ma con un massimo di 30 – 40 -g/m^3 nelle ore serali del 6, dell'8, del 20 e del 21- 23 marzo e con punte anche inferiori a 10 -g/m^3 sul territorio urbano di Napoli. Inoltre vengono calcolati valori di 20 – 50 -g/m^3 con tendenza ad aumentare fino a 70 - 100 -g/m^3 nelle ore serali del 6 marzo e per tutto il giorno 7 e la notte dell'8, e nella sera del 15 marzo in corrispondenza della Circonvallazione esterna di Napoli, dell'Asse mediano e dei Nodi Autostradali della Caserta - Salerno con la Napoli - Canosa e con la Napoli – Pompei - Salerno. Invece punte valori molto elevati (100 – 160 e fino a 200 -g/m^3) sono stati calcolati per le prime ore del pomeriggio dei giorni 17 – 21 marzo.

I valori calcolati più alti (160 – 200 -g/m^3) interessanti nodi autostradali extraurbani sforano il livello di attenzione previsto dagli standard di Qualità dell'Aria (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).

La natura di questi picchi di inquinamento può essere molteplice e legata a eventi e focolai di emissioni *locali* ***diversi dalle condizioni anche elevate di traffico o dalle emissioni di fondo della Regione non previsti da EMEP stesso: questa fonte aggiuntiva potrebbe essere rappresentata dai roghi dei cumuli di immondizia e copertoni verificatesi in alcuni punti del territorio o adun cattivo funzionamento occasionale dell'inceneritore di Acerra.***

Si noti che il sistema meteo climatico WRF alla base della catena di calcolo, ha prodotto risultati finali, per il giorno 21 marzo, dettati da un forte vento da Est, come si è riscontrato anche per gli scenari relativi agli inquinanti gassosi (vedi di seguito).

Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno: questo profilo è prodotto sempre nel primo stadio della catena di simulazione (cioè dal modulo WRF).

Nello stesso periodo le Centraline ARPAC registravano valori tra 16 e 43 -g/m^3 con punte di 60 –

63 -g/m^3 il 24 e 25 marzo in Napoli, di 18 – 32 -g/m^3 ad Avellino, di 18 – 53 -g/m^3 a Benevento di 10 – 26 -g/m^3 a Caserta di 15 – 35 -g/m^3 a Salerno (con massimi di 50 il 24 e il 25 marzo) e infine di 10 – 40 -g/m^3 ad Acerra (con massimi di 50 – 54 sempre il 24 e 25 marzo).

Inquinanti gassosi (CO, NO_2 e O_3).
(Per marzo la T media stimata è stata assunta di 17 °C).

- NO_2

Anche nel caso dell'NO_2 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto con le concentrazioni ottenute dalle simulazioni sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà forniscono delle rappresentazioni molto più dettagliate, essendo riportate per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno di simulazione, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.
I valori calcolati variano tra 1,9 e 38 -g/m^3 con punte in Napoli centro, **soprattutto tra Mergellina e via Duomo**, che arrivano anche a 95 -g/m^3 , in particolare nelle primissime ore della mattina e in qualche caso anche nelle prime ore della sera. Nelle località extraurbane e sui nodi autostradali non si riscontravano valori particolarmente differenti.
I valori più bassi sono abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra ma le punte massime orarie relative ad alcune aree di Napoli città sembrano dovute ad un accumulo provvisorio dovuto ad ingorghi di traffico in assenza di vento e presenza di forte insolazione. Anche per i dati concernenti l'NO_2 , si è potuto notare che il sistema meteo climatico WRF alla base della catena di calcolo, ha prodotto risultati finali, per il giorno 21 marzo, dettati da un forte vento da Est, come si è riscontrato anche per gli scenari relativi alle polveri sottili.
I valori riportati dalle Centraline ARPAC variavano nelle settimane di marzo tra 15 e 45 -g/m^3 e tra 10 e 50 -g/m^3 nella prima settimana di aprile.

I dati riportati nell'analisi degli scenari che seguono, per quello che riguardano i valori massimi, si riferiscono ad aree del territorio Campano distanti dai Capoluoghi e che riguardano prevalentemente 3 siti: il nodo delle autostrade, la direttrice Auto Sole – Teano – Sessa Aurunca

– Minturno e il Distretto Industriale a Est di Avellino .

- NO

Per l’NO il confronto diretto con i dati misurati delle Centraline ARPAC non è possibile , in quanto queste ultime non registrano normalmente i dati relativi all’NO.

Gli scenari suggeriscono valori che variano tra 0.25 e 11 -g/m^3 ma con valori estremi di 20 e persino 62 -g/m^3, in alcune ore delle mattine e di alcune sere.

Questi valori sembrano però sottostimati in quanto inferiori a quelli dell’NO_2. In realtà all’atto della emissione da un motore o da una caldaia l’NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all’unità o addirittura a valori inferiori.

D’altra parte una analisi dei dati messi in rete dalla Regione Lazio suggeriscono dei rapporti ($NO + NO_2$)/NO_2 dell’ordine di 1.1 – 1.67 nell’atmosfera, valori che registrano la situazione una volta che i fumi caldi contenenti i due inquinanti si siano diluiti e mescolati con l’aria normale, e abbiano reagito con l’ossigeno atmosferico molto più concentrato di quello residuo negli stessi fumi fuoriuscenti dalla bocca del combustore, quale esso sia.

- CO

Anche nel caso del CO bisogna altresì tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. I valori più elevati sono riscontrati nelle prime ore del mattino (quando i motori sono freddi e le combustioni poco efficienti).

Comunque gli scenari in questo caso potrebbero suscitare qualche perplessità, in quanto i valori simulati (0,19 – 1,05 mg/m^3), sono più alti dei dati riportati dalle Centraline, spesso ai limiti della sensibilità strumentale (0.1 mg/m^3) o addirittura non registrati.

D’altra parte un rapido confronto con i dati riportati in rete per le Centraline della Regione Lazio e in particolare per Roma forniscono risultati sperimentali dello stesso ordine di grandezza di quelle delle Centraline Campane.

Lo stesso si può dire per l’andamento dei dati annuali forniti per la provincia di Carrara dalla ARPAT della Regione Toscana.

D'altra parte si tenga presente che il CO (peso molecolare 28) è un gas relativamente più leggero dell'aria (si confronti il peso molecolare medio pesato di questa ultima che è di 28.8) e quindi tende a diffondere rapidamente più in alto rispetto al livello del suolo. Mentre le pompe delle Centraline aspirano l'aria a qualche metro di altezza, i risultati delle simulazioni della catena WRF-EMEP-CHIMERE, salvo indicazioni diverse, si riferiscono ad una quota corrispondente ad una pressione convenzionale di 995 millibar, il che implica una diffusione anche in verticale in strati fino a molte decine di metri di altezza.

Poiché il CO è molto poco reattivo, ciò potrebbe indicare che ***esso è disperso su tutto il territorio in strati sovrapposti*** e che l'aria regionale è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2, O_3) e da componenti chimicamente riducenti. Ciò comporta una notevole capacità reattiva residuale. Questi risultati quindi non dovrebbero inficiare la validità degli scenari calcolati e riportati, indicando che effettivamente le concentrazioni del CO sono più alte dell'atteso sul complesso del territorio rispetto a quanto segnalato dalle Centraline ARPAC urbane e che il CO stesso diffonde anche verso i piani alti degli edifici delle aree collinari oltre ad accumularsi nei distretti industriali e nei nodi autostradali.

- O_3

Anche nel caso dell'O_3 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere; il confronto con le concentrazioni riportati nelle Mappe degli scenari sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.

I valori calcolati dalla catena WRF-EMEP-CHIMERE variano tra 90 e 112 -g/m^3 in questo periodo semi-primaverile; questi valori variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.

I valori riportati dalle Centraline ARPAC variano invece nelle settimane di marzo tra 30 e 75 -g/m^3 e tra 48 e 84 -g/m^3 nella prima settimana di aprile.

I valori calcolati sembrano apparentemente sovrastimati, in quanto superiori a quelli dell' NO_2 da cui indirettamente deriva l'ozono per fotoscissione di un atomo di ossigeno e successiva reazione con l'ossigeno molecolare dell'aria. Un primo elemento si riconnette a quanto detto prima, cioè che l'atmosfera della Regione Campania è caratterizzata al tempo stesso da

componenti fortemente ossidanti (NO_2 e O_3), e da componenti chimicamente riducenti. Oltre al CO tra questi ultimi vanno annoverati i composti organici volatili. ***Questi ultimi provengono da varie fonti: da combustioni parziali, da emissioni di depositi di solventi o carburanti, da emissioni della vegetazione: l'insieme di queste sostanze (i "cosiddetti precursori dell'ozono")*** impediscono un rapido consumo dell'ozono stesso ad opera di reazioni secondarie anche in condizioni di buona insolazione (come l' NO_2 anche l' O_3 tende ad essere fotoscisso dalla radiazione nel vicino U.V.).
D'altra parte i dati delle Centraline ARPAC dei Capoluoghi effettuano, come già sottolineato, medie giornaliere e i minimi precedenti si riferiscono quasi sempre a orari di punta (primo pomeriggio) e al solito in aree relativamente lontane dai siti ove operano le Centraline stesse. Inoltre le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località costiere si ha un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.

CONCLUSIONE

Complessivamente quindi si può ben ritenere che i dati forniti dagli Scenari sviluppati con le Metodologie e i Programmi presentati in questo Progetto siano del tutto coerenti con i limitati dati forniti dalle centraline urbane fisse. Gli Scenari per altro mostrano l'esistenza di dati di inquinamento spesso più accentuati di quelli misurati nelle città e che si presentano in particolare sugli Assi viari principali della Regione e sui Distretti industriali dove non vi sono strumentazioni per il monitoraggio continuo dell'inquinamento. Inoltre gli Scenari forniscono un quadro molto più dettagliato, non solo spaziale, ma anche nella sua evoluzione oraria nel corso delle singole giornate. Gli scenari infine tengono ben conto delle condizioni meteorologiche per cui i massimi più accentuati vengono riscontrati nei periodi secchi o poco ventosi, mentre tendono ad abbassarsi, nei giorni di pioggia e nelle ore più piovose.

FASE SPERIMENTALE PRELMINARE

Primo confronto tra le determinazioni delle concentrazioni di polveri sottili PM_{10} misurate con il DUST SCANN (Laboratorio mobile) e i dati delle Centraline ARPAC.
Da dicembre 2009 a settembre 2010, precedente la messa a punto del Procedimento di calcolo parallelo per l'elaborazione degli Scenari.

Introduzione
Sono state condotte delle campagne di misura con il **Laboratorio mobile** attrezzato con il misuratore di polveri sottili DUST SCANN. Per questa strumentazione le misure condotte a dicembre 2009 sono servite per una ricalibrazione dello stesso per confronto con strumenti a Norma di Legge non trasportabili.
Si è deciso che le località prescelte per le misure non fossero strettamente adiacenti alle localizzazioni delle Centraline ARPAC.

Fase caratterizzata da clima invernale.

dal 14 al 16 dicembre 2009: il 14 dicembre 2009 a Santa Maria Capua Vetere la determinazione delle polveri sottili PM_{10} fornivano un valore di 26 -g/m^3; il 15 dicembre 2009 in varie località della Provincia di Caserta le concentrazioni misurate variavano dai 7-8 -g/m^3 di Capua e Lusciano ai 24-26 di Aversa e ai 29 -g/m^3 di Villa Literno; il 16 dicembre infine le concentrazioni misurate variavano dai 19 -g/m^3 di Maddaloni ai 28 -g/m^3 di Caserta Città, ai 32 -g/m^3 di Santa Maria a Vico e ai 37-38 -g/m^3 di San Felice a Cancello e di Cervino, località queste ultime **più vicine all'inceneritore di Acerra**. Nello stesso periodo le centraline ARPAC di Caserta segnalavano valori medi giornalieri di 19-22 -g/m^3 tranne una sola centralina (Scuola di via Settembrini) che il giorno 16.12.2009 indicava 29 -g/m^3 .

Fase caratterizzata da clima estivo.

In dettaglio, riferendosi ai giorni riportati nella introduzione, si può effettuare la seguente analisi:
23 e 26 luglio 2010: le determinazioni delle polveri sottili PM_{10} in varie località della Città di Napoli (da Bagnoli all'Eremo dei Camaldoli) registrano valori compresi tra 5.5 e 21 -g/m^3 ; questi valori sono intermedi tra quelli medi giornalieri registrati dalla centralina ARPAC dell'osservatorio

Astronomico nel periodo di fine luglio e quelli di altre centraline (Ospedale Santobono al Vomero , via Argine) mediamente più alte.
Dal 22 al 24 settembre 2010: le determinazioni delle polveri sottili PM_{10} in varie località della Regione (Montesarchio, Benevento Città, Cancello Scalo, Acerra scuole) variano tra 8 e 16 -g/m^3 nelle prime due località e tra 22 e 25 -g/m^3 nelle seconde due che risentono della presenza dell'inceneritore. Nello steso periodo le centraline ARPAC di Benevento Città segnalavano valori molto più alti di 31- 43 -g/m^3 , mentre quelle di Acerra Città davano 25-31 -g/m^3 e quelle della Zona Industriale 40 -g/m^3 .
In questi periodi i programmi di calcolo parallelo non erano stati ancora messi a punto.

Tenendo conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere e che le misure sono state condotte in orari limitati e diurni (tranne i periodi dal 18 dicembre 2010 al 7 gennaio 2011), il confronto con i valori misurati per il PM_{10} sembra abbastanza soddisfacente.

WP6-3.2.3 Fase caratterizzata da clima primaverile (da fine aprile ai primi di giugno 2011).

→ Polveri sottili (PM_{10})

Dal 30 aprile al 13 maggio: in questo periodo di maggio, con clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano per le polveri sottili (PM_{10}) valori orari nella prima settimana compresi tra 10 e 24 -g/m^3 nelle aree urbane, con valori invece di 36 – 42 -g/m^3 con punte fino a 60 -g/m^3 sulla Circonvalla= zione esterna di Napoli, sull'Asse mediano, sul nodo delle Autostrade Caserta – Salerno con quella Napoli - Canosa/Bari, sul nodo tra questa ultima e le strade di raccordo con Benevento e Salerno rispettivamente e infine sul Distretto industriale di Avellino Est.

Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno: questo profilo è prodotto nel primo stadio della catena di simulazione (cioè il modulo WRF).

Nella seconda settimana i valori calcolati erano compresi tra 16 e 32 -g/m^3 sia nell'area di Napoli che in quelle di Avellino e Salerno, con punte di 40 - 42 -g/m^3, mentre si registravano valori di 25 - 45 -g/m^3 sui tronchi e i nodi autostradali e stradali, con punte di 60 (il lunedì 9 nelle primissime ore del mattino, quando presumibilmente si rimettono in moto i TIR).

Nel periodo dal 16 al 25 maggio gli Scenari prodotti suggeriscono valori di PM_{10} compresi tra 18 e 35 -g/m^3 sulle aree di Napoli e Salerno, con valori minori di 7 – 13 -g/m^3 su Avellino e di 45 -g/m^3 su Acerra. Nello stesso periodo si registravano valori di 25 -50 -g/m^3 sui nodi autostradali e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, con punte massime di 60 – 80 -g/m^3 al solito all'alba di lunedì 16.

Nel periodo dal 29 maggio al 2 giugno la catena di calcolo WRF-EMEP Chimere produce valori orari medi per il PM10 compresi tra 18 e 38 -g/m^3 sull'area di Napoli e tra 25 e 45 -g/m^3 con punte di 60 – 65 -g/m^3 in corrispondenza degli snodi autostradali nelle ore del tardo pomeriggio.

Negli stessi periodi le poche Centraline ARPAC ancora in funzione a Napoli registravano valori medi giornalieri compresi tra 16 e 40 -g/m^3 nelle prime due settimane e di 16 e 34 -g/m^3 nel secondo periodo (16 – 25 maggio), quando in realtà a Napoli era rimasta in funzione una solo centralina. Le uniche centraline ancora in funzione ad Avellino e Salerno segnalavano valori rispettivamente compresi tra 14 e 20 e tra 18 e 34 -g/m^3, con una punta di 53 -g/m^3 il giorno 14 maggio. Le due centraline ARPAC di Acerra registravano valori medi giornalieri compresi tra 7 e 42 -g/m^3 con una punta di 51 -g/m^3 il giorno 3 maggio in una di esse.

Tenendo conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere, il confronto per il PM_{10} sembra abbastanza soddisfacente dal punto di vista del

programma di simulazione. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati ora per ora per ciascun giorno.

in tutto il mese di maggio le centraline ARPAC di Caserta e Benevento non fornivano alcun risultato.

I dati riportati nell'analisi degli scenari, per quello che riguardano i valori massimi, si riferiscono ad aree del territorio Campano distanti dai Capoluoghi come riportato sopra. I valori minori delle simulazioni si riferiscono invece ai Capoluoghi di Provincia o ad Acerra. Gli scenari in realtà danno gli andamenti ora per ora per i vari giorni con evidenti punte di massima nelle ore del tardo pomeriggio e della sera. Essi altresì tengono conto delle condizioni meteorologiche per cui i massimi più accentuati vengono riscontrati nei periodi secchi anche invernali, mentre tendono ad abbassarsi, almeno per il PM_{10}, nei giorni di pioggia e nelle ore più piovose.

Inquinanti gassosi (CO, NO_2 e O_3). (Per maggio la T media stimata è stata assunta di 25°C).

→ **Biossido di Azoto (NO_2)**

Il principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è sempre il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno.

Gli scenari forniscono delle rappresentazioni molto dettagliate, essendo riportate per ogni ora del giorno. I risultati prodotti dagli scenari possono essere ancor più affidabili se non si tiene conto del primo giorno di simulazione, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.

Dal 30 aprile al 13 maggio (si noti che i due scenari settimanali presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 15 e 45 -g/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 66 - 95 -g/ m^3.

I valori calcolati nel periodo dal 16 al 23 maggio 2011 rispecchiano abbastanza fedelmente l'andamento delle prime settimane del mese.

Dal 25 maggio al 2 giugno (si noti anche qui che i due scenari settimanali presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) in questo periodo di clima

primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 9 e 50 -g/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 61 – 101 -g/ m^3. 0

Per un confronto con i dati ottenuti dalle Centraline bisogna tener conto che questi vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere. I valori orari minori sono complessivamente abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC nei Capoluoghi e, quando disponibili, con quelli di Acerra, ma le punte orarie relative all' area di Napoli città sono molto alte e localizzate in incroci stradali caratterizzati fortemente da persistenti ingorghi di traffico, in assenza di vento e presenza di forte insolazione caratteristica del periodo.

Questa analisi può essere confortata da valori ottenuti sperimentalmente o da una analisi molto accurata delle Mappe di distribuzione degli inquinanti sul territorio.

In tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).

→ Monossido di Azoto (NO)

Per l'NO il confronto diretto con i dati misurati delle Centraline ARPAC non è possibile , in quanto queste ultime non registrano normalmente i dati relativi all'NO.

Gli scenari suggeriscono valori che comunque variano tra 0.2 e 3.5 -g/m^3 a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica (principale riferimento visivo riportato sulle Mappe è come detto il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno).

Questi valori sembrano sottostimati in quanto inferiori a quelli dell'NO_2. ***In realtà all'atto della emissione da un motore o da una caldaia l'NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all'unità o addirittura a valori inferiori.***

D'altra parte una analisi dei dati messi in rete dalla Regione Lazio suggeriscono dei rapporti
$(NO + NO_2)/NO_2$ dell'ordine di 1.1 – 1.67 nell'atmosfera, valori che registrano la situazione una volta che i fumi caldi contenenti i due inquinanti si siano diluiti e mescolati con l'aria normale, e abbiano reagito con l'ossigeno atmosferico molto più concentrato di quello residuo negli stessi fumi fuoriuscenti dalla bocca del combustore, quale esso sia.

→ Monossido di carbonio (CO).

Dal 30 aprile al 13 maggio (si noti che i due scenari settimanali presentano un giorno di sovrapposizione per assicurarsi che non vi siano problemi di inizializzazione nel primo giorno, che

talvolta può caratterizzare la catena WRF - EMEP – CHIMERE) in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 0,18 e 0,52 mg/ m^3 con valori più elevati nelle primissime ore del mattino, ma anche tra le 18 e le 20.
Il massimo all'alba è da imputare a calma nei venti e ai motori freddi e al parco macchine obsoleto, nei limiti in cui la catena WRF - EMEP - CHIMERE riesce a valutare questi dettagli. Una punta massima di 0,81 mg/ m^3 è stata calcolata alle 7 di mattina del 4 maggio, questa dovrebbe essere legato a condizioni di accumulo nella pausa tra le diverse direzioni delle brezze notturne e mattutina. I massimi serali sono invece da imputare a condizioni di ingorgo di traffico nelle strade urbane ("stop and go") al rientro serale e di nuovo a condizioni di calma di vento.
Nella seconda settimana i valori hanno oscillato ancora tra 0,18 e 0,52 mg/ m^3 con valore estremo di 0,75 mg/ m^3 alle 6 del giorno 7 maggio e alle 5 del 13 maggio.
Si noti che tutti i massimi si registrano in corrispondenza dell'area urbana di Napoli.
Nei primi giorni della seconda parte del mese, dal 16 al 25 maggio, l'andamento delle concentrazione si è mantenuto su valori minimi, mentre nei giorni successivi i valori sono più assimilabili a quelli della prima quindicina con massimi di 0,52 mg/ m^3 con punte di 0,75 alle 6 del 20 maggio e di 0,58 alle 8 del 21 maggio.
Dal 25 maggio al 2 giugno, in questo periodo di clima primaverile, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 9 e 50 mg/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 61 – 101 mg/ m^3.

Per il CO l'unica Centralina ARPAC in funzione a Napoli era quella della Ferrovia che ha registrato valori compresi tra 0,6 e 1,4 mg/ m^3quando non erano al di sotto della soglia di sensibilità della strumentazione automatica.

In tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).

→ Ozono (O_3)

Anche nel caso dell'O_3 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere; il confronto con le concentrazioni riportati nelle Mappe degli scenari sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura della catena WRF-

EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.
I valori calcolati nell'ambito degli Scenari variano tra 69 e 89 -g/ m^3 in tutto il periodo primaverile studiato (30 aprile – 2 giugno) con massimi di 119 – 139 -g/ m^3; questi valori variano a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.

Questi valori sembrano apparentemente sovrastimati in quanto paragonabili o superiori a quelli dell'NO_2. Un primo elemento si riconnette al fatto che l'atmosfera della Regione Campania è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2 e O_3), e da componenti chimicamente riducenti. Oltre al CO tra questi ultimi vanno annoverati i composti organici volatili. ***Questi ultimi provengono da varie fonti: da combustioni parziali, da emissioni di depositi di solventi o carburanti, da emissioni della vegetazione: l'insieme di queste sostanze (i "cosiddetti precursori dell'ozono")*** impediscono un rapido consumo dell'ozono stesso ad opera di reazioni secondarie anche in condizioni di buona insolazione (come l' NO_2 anche l' O_3 tende ad essere fotoscisso dalla radiazione nel vicino U.V.).
Le medie giornaliere registrate negli ultimi giorni di aprile oscillavano tra 48 e 90 -g/m^3 con delle punte di 100 – 105 a Caserta ed Acerra.
Per tutto il mese di maggio le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano a secondo dei giorni tra 43 e 96 -g/m^3 per due di quelle di Napoli (qualche giorno ne funzionavano anche 4); valori tra 43 e 95 -g/m^3 venivano registrati da una centralina a Benevento, tra 54 e 106 -g/m^3 in una centralina di Salerno e tra 62 e 104 -g/m^3 per le due di Acerra.

Si osserva quindi frequentemente una situazione abnorme non prevista dagli scenari di emissine EMEP e che è da imputare a particolari condizioni meteorologiche e di insolazione. Inoltre le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località costiere si ha un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.
Comunque in tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).

<u>Conclusione</u>

In conclusione si può affermare che complessivamente gli Scenari prodotti con il programma

utilizzato sono stati validati soddisfacentemente nel periodo invernale e semiprimaverile: l'applicazione nel periodo primaverile, qui riportata, è quindi del tutto soddisfacente e potrà essere utilizzato anche per produrre previsioni. Ciò porta a sottolineare nuovamente quanto detto in precedenza, che cioè la disposizione delle Centraline ARPAC solo in alcuni quartieri dei Capoluoghi urbani, porta a sottovalutare i dati di inquinamento di intere aree della Regione lontane dalle aree urbane.

E' sintomatico inoltre che le Centraline ARPAC disposte nella zona di Acerra non indicano valori particolarmente elevati di inquinamento, almeno rispetto ad altre aree industriali o a nodi autostradali individuati dagli scenari prodotti dalla catena di simulazione. Questa constatazione potrebbe essere giustificata con varie ipotesi:

1) ***una buona dispersione dei prodotti di emissione, dovuta all'altezza dei camini delle varie linee dell'inceneritore e al regime dei venti esistenti sulla pianura corrispondente;***
2) ***una ricaduta delle polveri sottili in aree più vicine o molto più lontane dall'inceneritore di quelle dei siti delle Centraline ARPAC di Acerra, combinata invece con una migliore dispersione degli inquinanti gassosi.***

Parte sperimentale (da fine aprile ai primi di giugno 2011).

Dopo che il Laboratorio Mobile è stato posizionato nei vari siti individuati si è proceduto ad effettuare la seconda campagna di rilevazione.

I dati rilevati sono riportati in due Banche dati (**Allegati WP5-3_A12** e **WP5-3_A13**) relative alle nuove condizioni meteorologiche primaverili.

Una nuova Banca Dati (**Allegato WP5-3_A14**) contiene inoltre i corrispondenti dati ottenuti dalle Centraline ARPAC nel periodo da fine marzo a fine maggio 2011.

Polveri sottili (PM_{10}).

Per le polveri sottili (PM_{10}) i valori medi misurati dal 2 al 5 maggio 2011 presso il Dipartimento di Chimica del Campus Universitario di Monte S. Angelo - via Cintia, mediante il DUST SCAN (e corretti per la calibrazione dello strumento) in ciascun giorno hanno oscillato tra 6.6 e 26.6 -g/m^3;

i valori medi misurati dal 9 al 13 maggio 2011 su di una terrazza di un piano alto di via Nicolardi; in ciascun giorno hanno oscillato tra 4.8 e 17.5 -g/m^3;

i valori medi misurati dal 16 al 23 maggio 2011 su di una terrazza di un piano alto di via Orsoline a Santa Croce, nei pressi dell'Ospedale Monaldi hanno oscillato tra 4,5 e 28,7 -g/m^3 .

Inquinanti gassosi (CO, NO_x – somma di NO_2 e NO - e O_3).

Rilevazioni sono state effettuate nei seguenti periodi:

dal 6 all'8 aprile 2011:

Per gli NO_x (somma dei valori di NO_2 e NO) i valori misurati a via Consalvo (Certitec) oscillavano tra 50 e 250 -g/m^3 .

Per il CO i valori misurati non superavano 1,5 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 20 e 120 -g/m^3 .

dal 2 al 5 maggio 2011

Per gli NO_x i valori medi misurati al Dipartimento di Chimica al Campus universitario di Monte s. Angelo oscillavano tra 3,2 e 150 -g/m^3 .

Per il CO i valori medi misurati non superavano 0,6 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 115 e 208 -g/m^3 .

dal 9 al 13 maggio 2011

Per gli NO_x i valori medi misurati su di una terrazza di un piano alto a via Nicolardi oscillavano tra 3,6 e 15,2 -g/m^3 .

Per il CO i valori medi misurati non superavano 0,2 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 115 e 210 -g/m^3 .

dal 16 al 23 maggio 2011

Per gli NO_x i valori medi misurati su di una terrazza di un piano alto di via Orsolone a Santa Croce, nei pressi dell'Ospedale Monaldi oscillavano tra 1,9 e 28,3 -g/m^3 .

Per il CO i valori medi misurati non superavano 0,8 mg/m^3 .

Per l'O_3 i valori medi misurati oscillavano tra 134 e 180 -g/m^3 .

dal 27 maggio al 30 maggio:

Per gli NO_x i valori medi misurati su di un edificio del Centro Direzionale (terrazzo ultimo piano) oscillavano tra 30 e 140 μg/m^3 .

Per il CO i valori misurati dallo strumento del Laboratorio Mobile a via Consalvo (Certitec) non superavano 0,6 mg/m^3 .

Complessivamente l'accordo sembra buono, rimarcando di nuovo che le differenze riscontrate tra i due sistemi di rilevazione dipendono dalla diversa collocazione sul territorio cittadino delle stazioni fisse (Centraline) e postazioni del Laboratorio mobile.

(In rosso gli sforamenti dei limiti di attenzione previsti dalla Normativa di Legge).

Per quel che riguarda il valore registrato in un orario di forte traffico a via Consalvo (Fuorigrotta) per gli NO_x il livello di sforamento di 250 $\mu g/m^3$ non è stato in realtà raggiunto perché esso si riferisce al solo NO_2 e non alla somma di tutti gli ossidi di azoto, lo stesso dicasi per i dati registrati a Nola.

<u>Stato di funzionamento delle Centraline ARPAC durante il periodo aprile – maggio.</u>

Misure delle polveri sottili (PM_{10})

I dati delle Centraline nei Capoluoghi nei primi giorni di aprile forniscono solo pochi valori, compresi tra 15 e 51 -g/m^3, situazione che si ripete nei giorni successivi. Si tenga presente che in questa settimana si sono verificati eventi di turbolenza meteo con frequenti acquazzoni e temporali che possono avere parzialmente abbattuto le polveri sottili.

Nei giorni dal 30 aprile al 13 maggio e dal 16 al 25 maggio (qui si riportano risultati che verranno ripresi anche in WP5-4) le poche Centraline ARPAC ancora in funzione a Napoli registravano valori medi giornalieri compresi tra 16 e 40 -g/m^3 nelle prime due settimane e di 16 e 34 -g/m^3 nel secondo periodo (16 – 25 maggio), quando in realtà a Napoli era rimasta in funzione una solo centralina. Le uniche centraline ancora in funzione ad Avellino e Salerno segnalavano valori rispettivamente compresi tra 14 e 20 e tra 18 e 34 -g/m^3 , con una punta di 53 -g/m^3 il giorno 14 maggio. Le due centraline ARPAC di Acerra registravano valori medi giornalieri compresi tra 7 e 42 -g/m^3 con una punta di 51 -g/m^3 il giorno 3 maggio in una di esse.

In tutto il mese di maggio le centraline ARPAC di Caserta e Benevento non fornivano alcun risultato per il PM_{10} , mentre qualche dato era registrato per il $PM_{2.5}$ così come in alcune centraline di Napoli (Scuola Vanvitelli) e di Salerno (ASL 2) con valori quasi sempre inferiori a quelli del PM_{10}, di cui rappresentano una frazione più sottile, ma misurati in differenti centraline delle stesse città.

Misure degli inquinanti gassosi

Per gli NO_2 le medie giornaliere registrate dalle Centraline nei Capoluoghi nei primi giorni di aprile forniscono solo pochi valori, compresi tra 9 e 50 -g/m^3, situazione che si ripete nei giorni successivi. Per tutto il mese di maggio dalle Centraline ARPAC oscillavano a secondo dei giorni tra 11 e 43 -g/m^3 per le 1, 2 o in qualche caso 3 stazioni funzionati a Napoli città tra 25 e 45 -g/m^3 per una centralina di Salerno, tra 9 e 39 -g/m^3 per due delle centraline di Acerra. Qualche misura isolata in questi stessi intervalli venivano registrata da una centralina di Caserta e da una di Benevento.

Per il CO l'unica centralina in funzione era quella di Napoli Ferrovia che ha registrato valori massimi di 1,3 mg/m^3 quando non erano al di sotto della soglia di sensibilità della strumentazione automatica.

Per l'ozono le medie giornaliere registrate nei primi giorni di aprile oscillavano tra 48 e 90 -g/m^3 con delle punte di 100 – 105 a Caserta ed Acerra. Per tutto il mese di maggio le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano a secondo dei giorni tra 43 e 96 -g/m^3 per due di quelle di Napoli (qualche giorno ne funzionavano anche 4); valori tra 43 e 95 -g/m^3 venivano registrati da una centralina a Benevento, tra 54 e 106 -g/m^3 in una centralina di Salerno e tra 62 e 104 -g/m^3 per le due di Acerra.

Le differenze riscontrate tra i dati misurati dal Laboratorio Mobile e quelli delle Centraline fisse ARPAC (a parte la differenza tra i valori misurati di NO_2 e quelli degli NO_x) rientrano nelle oscillazioni complessive riscontrate in tutto il periodo primaverile e dipendono dalla diversa

collocazione sul territorio cittadino delle stazioni fisse e postazioni del Laboratorio mobile. E' possibile dimostrare attraverso un DEMO, che sarà allegato a questa Relazione, che si può comunque concludere che le aree centro-occidentali presentano un maggior inquinamento rispetto alla periferia orientale e alle zone collinari della città.

WP6-3.2.4 Fase caratterizzata da clima estivo (da fine giugno ai primi di luglio 2011).

→ Polveri sottili (PM_{10})

Nel periodo dal 4 all' 8 luglio gli Scenari prodotti suggeriscono valori di PM_{10} compresi tra 30 e 36 -g/m^3 sull' area di Napoli e di 45 – 65 -g/m^3 nelle notte 6/7 luglio in corrispondenza di una probabile tempesta di sabbia da Ovest-Sud-Ovest.

Il principale riferimento geografico - visivo riportato sulle Mappe è il profilo di costa del Litorale Domizio e dei Golfi di Pozzuoli, Napoli e Salerno: questo profilo è prodotto nel primo stadio della catena di simulazione (cioè il modulo WRF).

I dati riportati nell'analisi degli scenari, per quello che riguardano i valori massimi, si riferiscono ad aree del territorio Campano distanti dai Capoluoghi come riportato sopra. I valori minori delle simulazioni si riferiscono invece ai Capoluoghi di Provincia o ad Acerra. Gli scenari in realtà danno gli andamenti ora per ora per i vari giorni con evidenti punte di massima nelle ore del tardo pomeriggio e della sera. Essi altresì tengono conto delle reali condizioni meteorologiche per cui i massimi più accentuati vengono riscontrati nei periodi secchi anche invernali, mentre tendono ad abbassarsi, almeno per il PM_{10}, nei giorni di pioggia e nelle ore più piovose.

Complessivamente quindi si può ben ritenere che i dati forniti dagli Scenari sviluppati con le Metodologie e i Programmi presentati in questo Progetto siano del tutto coerenti con i limitati dati forniti dalle centraline urbane fisse. Gli Scenari per altro mostrano l'esistenza di dati di inquinamento più accentuati di quelli misurati nelle città e che si presentano in particolare sui principali assi viari della Regione e sui Distretti industriali dove non vi sono strumentazioni per il monitoraggio continuo dell'inquinamento. Inoltre gli Scenari forniscono un quadro molto più dettagliato, non solo spaziale, ma anche nella sua evoluzione oraria nel corso delle singole giornate.

Inquinanti gassosi (CO, NO_2 e O_3). (Per luglio la T media stimata è stata assunta di 27 °C).

→ Biossido di Azoto (NO_2)

Nel periodo dal 4 all' 8 luglio con clima estivo, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 13 e 64 -g/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 82 – 145 -g/ m^3 nelle prime ore del mattino e nelle tarde ore della sera.

I valori meno elevati sono complessivamente abbastanza coerenti con i valori medi giornalieri registrati dalle Centraline ARPAC, quando disponibili, nei Capoluoghi e con quelli di Acerra, ma le punte orarie relative all' area di Napoli città sembrano molto alte e localizzate in incroci stradali delle aree occidentali e centrali del Centro città, caratterizzate fortemente da persistenti ingorghi di traffico, in assenza di vento e presenza di forte insolazione caratteristica del periodo.

L'interpretazione di questi risultati richiede una analisi molto accurata delle Mappe di distribuzione degli inquinanti sul territorio, cosa che è possibile attraverso un DEMO che sarà allegato a questa Relazione. Infatti questa analisi dettagliata mostra che intorno ai picchi più alti di alcune aree di Napoli, dove tra l'altro non sono più in funzione le Centraline ARPAC, gli Scenari mostrano gradienti di diminuzione rapida della concentrazione degli inquinanti come NO_2 .

→ Monossido di Azoto (NO)

Per l'NO il confronto diretto con i dati misurati delle Centraline ARPAC non è possibile , in quanto queste ultime non registrano normalmente i dati relativi all'NO.

Negli ultimi giorni di maggio e i primi di luglio si calcolavano valori anche di 19 -g/m^3 con una punta estrema (notte del 6 luglio) di 24 – 47 -g/m^3 .

Questi valori sembrano sottostimati in quanto inferiori a quelli dell'NO_2. In realtà all'atto della emissione da un motore o da una caldaia l'NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all'unità o addirittura a valori inferiori.

D'altra parte una analisi dei dati messi in rete dalla Regione Lazio suggeriscono dei rapporti $(NO + NO_2)/NO_2$ dell'ordine di 1.1 – 1.67 nell'atmosfera, valori che registrano la situazione una volta che i fumi caldi contenenti i due inquinanti si siano diluiti e mescolati con l'aria normale, e abbiano reagito con l'ossigeno atmosferico molto più concentrato di quello residuo negli stessi fumi fuoriuscenti dalla bocca del combustore, quale esso sia.

→ Monossido di Carbonio (CO)

Nel periodo dal 4 all' 8 luglio con clima estivo, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 0.20 e 0.40 mg/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 1.01 – 1.24 mg/ m^3 nelle prime ore del mattino e nelle tarde ore della sera.

In tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).

Comunque gli scenari prodotti potrebbero suscitare qualche perplessità, in quanto i valori simulati (0,18 – 0,52 mg/m^3), sono dell'ordine di diversi decimi di mg/m^3 , mentre i dati delle Centraline sono spesso ai limiti della sensibilità strumentale (0.1 mg/m^3) o addirittura non registrati. D'altra parte un rapido confronto con i dati riportati in rete per le Centraline della Regione Lazio e in particolare per Roma forniscono risultati sperimentali dello stesso ordine di grandezza di quelle delle Centraline Campane. Lo stesso si può dire per l'andamento dei dati annuali forniti per la provincia di Carrara dalla ARPAT della Regione Toscana.

D'altra parte si tenga presente che il CO (peso molecolare 28) è un gas relativamente più leggero dell'aria (si confronti il peso molecolare medio pesato di questa ultima che è di 28.8, tenendo conto delle percentuali dei principali gas componenti – azoto, ossigeno e argon) e quindi tende a stratificarsi più in alto rispetto al livello del suolo. Mentre le pompe delle Centraline aspirano l'aria a qualche metro di altezza, i risultati delle simulazioni della catena WRF-EMEP-CHIMERE, salvo indicazioni diverse, si riferiscono ad una quota corrispondente ad una pressione convenzionale di 995 millibar, il che implica una diffusione anche in verticale in strati fino a diverse decine di metri di altezza.

Poiché il CO è molto poco reattivo, ciò potrebbe indicare che ***esso è disperso su tutto il territorio in strati sovrapposti*** e che l'aria regionale è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2, O_3) e da componenti chimicamente riducenti. Ciò comporta una notevole capacità reattiva residuale. Questi risultati quindi non dovrebbero inficiare la validità degli scenari calcolati e riportati, indicando che effettivamente le concentrazioni del CO sono molto più alte dell'atteso sul complesso del territorio rispetto a quanto segnalato dalle Centraline ARPAC urbane e che il CO stesso diffonde anche verso i piani alti degli edifici delle aree collinari oltre ad accumularsi nei distretti industriali e nei nodi autostradali.

→ Ozono (O_3)

Anche nel caso dell'O_3 bisogna tener conto che i dati ottenuti dalle Centraline vengono pubblicati sotto forma di medie giornaliere; il confronto con le concentrazioni riportati nelle Mappe degli

scenari sembra, anche in questo caso abbastanza soddisfacente. Gli scenari in realtà risultano molto più dettagliati, essendo riportati per ogni ora del giorno. Il confronto migliora ulteriormente se non si tiene conto del primo giorno rappresentato, problema che è insito nella natura della catena WRF-EMEP-CHIMERE e in particolare nell'ultimo stadio di quest'ultima.

Nel periodo estivo (4 – 8 luglio) i valori calcolati hanno presentato dei valori relativamente bassi anche di solo 28 – 47 -g/ m^3 , ma sempre con dei massimi di 119 – 139 -g/ m^3.

Questi valori sembrano apparentemente sovrastimati in quanto paragonabili o superiori a quelli dell'NO_2. Un primo elemento si riconnette al fatto che l'atmosfera della Regione Campania è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2 e O_3), e da componenti chimicamente riducenti. Oltre al CO tra questi ultimi vanno annoverati i composti organici volatili. ***Questi ultimi provengono da varie fonti: da combustioni parziali, da emissioni di depositi di solventi o carburanti, da emissioni della vegetazione: l'insieme di queste sostanze (i "cosiddetti precursori dell'ozono")*** impediscono un rapido consumo dell'ozono stesso ad opera di reazioni secondarie anche in condizioni di buona insolazione (come l' NO_2 anche l' O_3 tende ad essere fotoscisso dalla radiazione nel vicino U.V.).

Negli ultimi giorni di aprile le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano tra 48 e 90 -g/m^3 con delle punte di 100 – 105 -g/m^3 a Caserta ed Acerra. Per tutto il mese di maggio le medie giornaliere registrate dalle Centraline ARPAC oscillavano a secondo dei giorni tra 43 e 96 -g/m^3 per due di quelle di Napoli (qualche giorno ne funzionavano anche 4); valori tra 43 e 95 -g/m^3 venivano registrati da una centralina a Benevento, tra 54 e 106 -g/m^3 in una centralina di Salerno e tra 62 e 104 -g/m^3 per le due di Acerra.

A partire dal 28 giugno tutte le Centraline di Napoli Città hanno smesso di funzionare, tranne quella dell'Ospedale Santobono che nella prima decade di luglio registrava valori compresi tra 79 e 114 -g/m^3 .

Si tenga però conto che l'ozono (O_3 peso molecolare 48) è molto più pesante dell'aria (peso molecolare medio 28,8) per cui contrariamente al CO tende a stratificarsi più vicino al suolo dove lo prelevano le pompe delle Centraline.

Si osserva quindi frequentemente una situazione apparentemente abnorme non prevista dagli scenari di emissione EMEP e che è da imputare a particolari condizioni meteorologiche e di insolazione. Inoltre le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località

costiere si ha un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.

Comunque in tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).
D'altra parte i dati delle Centraline ARPAC dei Capoluoghi effettuano, come già sottolineato, medie giornaliere e i minimi precedenti si riferiscono quasi sempre a orari di punta (primo pomeriggio) e al solito in aree relativamente lontane dai siti ove operano le Centraline stesse. Inoltre le condizioni di vento portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare dove viene solo parzialmente consumato. Per questo motivo nelle località costiere si ha un ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare
In conclusione si può affermare che complessivamente gli Scenari prodotti con il programma utilizzato sono stati validati soddisfacentemente nel periodo invernale e semiprimaverile: l'applicazione nel periodo estivo, qui riportata, è quindi del tutto soddisfacente e potrà essere utilizzato anche per produrre previsioni. Ciò porta a sottolineare nuovamente quanto detta in precedenza, che cioè la disposizione delle Centraline ARPAC solo in alcuni quartieri dei Capoluoghi urbani, porta a sottovalutare i dati di inquinamento di intere aree della Regione lontane dalle aree urbane.
E' sintomatico inoltre che le Centraline ARPAC disposte nella zona di Acerra non indicano valori particolarmente elevati di inquinamento, almeno rispetto ad altre aree industriali o a nodi autostradali individuati dagli scenari prodotti dalla catena di simulazione. Questa constatazione potrebbe essere giustificata con varie ipotesi:

3) ***una buona dispersione dei prodotti di emissione, dovuta all'altezza dei camini delle varie linee dell'inceneritore e al regime dei venti esistenti sulla pianura corrispondente;***
4) ***una ricaduta delle polveri sottili in aree più vicine o molto più lontane dall'inceneritore di quelle dei siti delle Centraline ARPAC di Acerra, combinata invece con una migliore dispersione degli inquinanti gassosi.***

Parte Sperimentale

Misure degli inquinanti gassosi.

Per gli NO_x (somma dei valori di NO_2 e NO) i valori misurati tra 30 giugno e 1° luglio di nuovo presso la sede di via Consalvo oscillavano tra 200 e 310 μg/m^3.

Quelli misurati il 1 – 4 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio a Capo Posillipo non superavano 100 μg/m^3.

I valori misurati il 5 – 11 luglio 2011 a San Nicola la Strada, presso il nodo autostradale oscillavano tra 150 e 350 - 400 μg/m^3.

I valori misurati il 12 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio di Nola oscillavano tra 245 e 252 μg/m

Nel mese di luglio una solo Centralina di Napoli (Ospedale Santobono) registrava valori di NO_2 compresi tra 22 e 62 -g/m^3, con tendenza a crescere verso la metà del mese.

Si noti che la strumentazione del Laboratorio Mobile misura l'insieme degli NO_x (NO_2 + NO + componenti molto meno abbondanti).

Complessivamente l'accordo sembra buono, rimarcando di nuovo che le differenze riscontrate tra i due sistemi di rilevazione dipendono dalla diversa collocazione sul territorio cittadino delle stazioni fisse (Centraline) e postazioni del Laboratorio mobile.

(In rosso gli sforamenti dei limiti di attenzione previsti dalla Normativa di Legge).

Per quel che riguarda il valore registrato in un orario di forte traffico a via Consalvo (Fuorigrotta) per gli NO_x il livello di sforamento di 250 μg/m^3 non è stato in realtà raggiunto perché esso si riferisce al solo NO_2 e non alla somma di tutti gli ossidi di azoto, lo stesso dicasi per i dati registrati a Nola.

Molto più grave è invece la situazione registrata a San Nicola la Strada nei pressi del nodo delle autostrade, come era da aspettarsi.

E' possibile dimostrare attraverso un DEMO, che sarà allegato a questa Relazione, come si possa comunque concludere che le aree centro-occidentalidella Città di Napoli presentano un maggior inquinamento rispetto alla periferia orientale e alle zone collinari della città.

Per il CO i valori misurati tra il 30 giugno e il 1° luglio di nuovo presso la sede di via Consalvo non superavano 1,2 mg/m^3.

I dati del 1 – 4 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio a Capo Posillipo erano al di sotto della soglia di sensibilità dello strumento.

I valori misurati il 5 – 11 luglio 2011 a San Nicola la Strada, presso il nodo autostradale superavano spesso i 5 mg/m^3, ma con punte di 8 – 12 mg/m^3 l'11 luglio.

Infine i valori misurati il 12 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio di Nola oscillavano tra 2 e 3 mg/m^3.
Per il CO l'unica **centralina ARPAC** in funzione era quella di **Napoli Ferrovia** che a partire dal 18 giugno ha smesso di funzionare.

Per l'O_3 i valori medi misurati dal 30 giugno al 1° luglio di nuovo presso la sede di via Consalvo oscillavano tra 42 e 69 $\mu g/m^3$.
I valori medi misurati tra il 1 e il 4 luglio 2011 su di un terrazzo di un edificio a Capo Posillipo oscillavano tra 20 e 120 $\mu g/m^3$.
I valori medi misurati il 5 – 11 luglio 2011 a San Nicola la Strada, presso il nodo autostradale oscillavano tra 20 e 140 $\mu g/m^3$.
Infine il 12 luglio 2011 i valori medi misurati su di un terrazzo di un edificio di Nola oscillavano tra 38 e 47 $\mu g/m^3$.

Per tutto il periodo di giugno e luglio le Centraline di Avellino, Benevento e Caserta (nonché quelle di Salerno a partire dal 4 giugno) erano fuori servizio A partire dal 28 giugno anche tutte le Centraline di Napoli Città hanno smesso di funzionare, tranne quella dello Ospedale Santobono; che nella prima decade di luglio registrava valori compresi tra 79 e 114 -g/m^3 .

Anche in questo caso sembra evidente che le eventuali differenze tra i dati delle Centraline ancora in funzione a Napoli (medie giornaliere) e i dati misurati con le strumentazioni del Laboratorio Mobile siano legate alle differenti condizioni di ventilazione in atto nei vari siti urbani di Napoli, nonché al fatto che i i dati delle Centraline vengono mediati su tutta la giornata attenuando gli estremi dei picchi orari.
Per altro per l'ozono si aggiunge un fattore spazio-temporale, in quanto l'ozono non viene emesso direttamente dalle sorgenti inquinanti ma si forma, per azione dei raggi UV vicini al visibile, in ritardo nell'ambito della cascata di reazioni fotochimiche e chimiche, a partire dalla dissociazione del NO_2 in NO e Ossigeno atomico molto reattivo.

WP6-3.3 Conferma della validità e affidabilità della Metodologia Modellistica / riscontri oggettivi/ dettagli spazio-temporali accurati/ utilizzo di meteorologia reale

I dati riportati nell'analisi degli scenari, per quello che riguardano i valori massimi, si riferiscono ad aree del territorio Campano distanti dai Capoluoghi. I valori minori delle simulazioni si riferiscono invece ai Capoluoghi di Provincia o ad Acerra. Gli scenari in realtà danno gli andamenti ora per ora per i vari giorni con evidenti punte di massima nelle ore del tardo pomeriggio e della sera. Essi altresì tengono conto delle reali condizioni meteorologiche per cui i massimi più accentuati vengono riscontrati nei periodi secchi anche invernali, mentre tendono ad abbassarsi, almeno per il PM_{10}, nei giorni di pioggia e nelle ore più piovose.
Complessivamente quindi si può ben ritenere che i dati forniti dagli Scenari sviluppati con le Metodologie e i Programmi presentati in questo Progetto siano del tutto coerenti con i limitati dati forniti dalle centraline urbane fisse. Gli Scenari per altro mostrano l'esistenza di dati di inquinamento più accentuati di quelli misurati nelle città e che si presentano in particolare sui principali assi viari della Regione e sui Distretti industriali dove non vi sono strumentazioni per il monitoraggio continuo dell'inquinamento. Inoltre gli Scenari forniscono un quadro molto più dettagliato, non solo spaziale, ma anche nella sua evoluzione oraria nel corso delle singole giornate.

L'interpretazione dei risultati dei programmi di calcolo richiede comunque una analisi molto accurata delle Mappe di distribuzione degli inquinanti sul territorio, cosa che è possibile attraverso dei DEMO che saranno allegati a questa Relazione. Infatti questa analisi dettagliata mostra che intorno ai picchi più alti di alcune aree di Napoli, dove tra l'altro non sono più in funzione le Centraline ARPAC, gli Scenari mostrano gradienti di diminuzione rapida della concentrazione degli inquinanti come NO_2 .

In conclusione si può affermare che complessivamente gli Scenari prodotti con il programma utilizzato sono stati validati soddisfacentemente nel periodo invernale e semiprimaverile: l'applicazione nei periodi successivi è quindi del tutto soddisfacente e potrà essere utilizzato anche per produrre previsioni.
Ciò è dimostrato sia dal confronto giornaliero con i dati delle Centraline fisse ARPAC, sia da quello con le misure sperimentali effettuate tramite le strumentazioni limitate del Laboratorio Mobile impiegato in questo Progetto.
D'altra parte si deve sottolineare nuovamente quanto detto in precedenza, che cioè la

disposizione delle Centraline ARPAC solo in alcuni quartieri dei Capoluoghi urbani, porta a sottovalutare i dati di inquinamento di intere aree della Regione lontane dalle aree urbane.
D'altra parte i dati delle Centraline ARPAC dei Capoluoghi effettuano, come già sottolineato, medie giornaliere e i minimi precedenti si riferiscono quasi sempre a orari di punta (primo pomeriggio) e al solito in aree relativamente lontane dai siti ove operano le Centraline stesse.

WP6-3.4 Confronti interstagionali per PM_{10} e per ciascuno degli inquinanti gassosi.

Solo a partire da ottobre 2010 è stata completata e messa a punto la piena funzionalità dei programmi che gestiscono la catena WRF-EMEP-CHIMERE per il calcolo parallelo e quindi la disponibilità dei risultati di Qualità dell'Aria e inquinamento atmosferico, sotto forma di Scenari orari molto dettagliati.

I valori calcolati dagli scenari prodotti tengono conto sia delle variazioni meteorologiche (introdotte di volta in volta dal modulo WRF), sia delle differenti condizioni di emissioni dal territorio nel periodo considerato (introdotte di volta in volta dal modulo EMEP).

WP6-3.4.1 Polveri fini o particolato (PM_{10})

I valori medi orari calcolati per il **PM_{10}** nei vari periodi di clima autunnale, invernale, semi-primaverile, primaverile ed estivo erano compresi indifferentemente e prevalentemente tra 10 e 42 -g/m^3 per tutta l'area napoletana, mentre su altre aree della Regione i valori si presentavano con dei picchi di 50 - 60 -g/m^3 sulla Circonvallazione esterna di Napoli e di 50 - 80 ad Acerra sia nel periodo invernale che primaverile. Dei picchi orari ancora più alti, 70 – 100 -g/m^3, si registravano sempre in alcuni giorni di gennaio e di marzo 2011 e persino di 160 – 200 -g/m^3 sulla Circonvallazione esterna. In quest'ultimo caso il sistema meteo climatico WRF alla base della catena di calcolo WRF-EMEP-CHIMERE ha tenuto conto, con una componente importante di vento da Est-Sud-Est (monsonica) cui potrebbe aver contribuito polvere proveniente dai deserti africani. L'effetto meteorologico si è riscontrato anche per gli scenari relativi agli inquinanti gassosi negli stessi giorni.

In rosso sono riportati i valori che superano i limiti di Legge (sulle 24 ore) si tenga però presente che questi limiti si riferiscono alla Qualità dell'Aria delle aree urbane.

WP6-3.4.2 Inquinanti gassosi

In particolare

→ Biossido di azoto NO_2

Gli scenari forniscono delle rappresentazioni molto dettagliate, essendo riportate per ogni ora del

giorno con una accuratezza relativa ad aree di 1 km x 1 km.

Nel periodo autunnale e invernale (da ottobre 2010 a febbraio 2011) e nel periodo semiprimaverile (marzo 2011), i valori medi orari calcolati variavano tra 2 e 39 - 49 -g/m^3 con punte in Napoli centro, **soprattutto tra Mergellina e via Duomo**, che arrivano anche a 67 – 86 -g/m^3 nelle prime ore delle mattinate (tra le 6 e le 9) e nelle prime della sera (17 – 19). Nelle località extraurbane e sui nodi autostradali non si riscontravano valori particolarmente differenti.
Un massimo era calcolato ai primi di gennaio nell'area di Caserta (58 -g/m^3).
Le punte massime orarie relative ad alcune aree di Napoli città sembrano dovute ad un accumulo provvisorio dovuto ad ingorghi di traffico in assenza di vento e presenza di forte insolazione.
Anche per i dati concernenti l'NO_2 , si è potuto notare che il sistema meteo climatico WRF alla base della catena di calcolo, ha prodotto risultati finali, per il giorno 21 marzo, dettati da un forte vento da Est, come si è riscontrato anche per gli scenari relativi alle polveri sottili.
Risultati analoghi erano calcolati per il periodo semiprimaverile (marzo 2011) con una punta massima al Centro di Napoli di 99 – 100 -g/m^3.
Nel periodo di clima primaverile (maggio 2011), gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 15 e 45,5 -g/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 66 – 95 -g/ m^3. Infine nel periodo di clima estivo (luglio 2011), gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 13 e 64 -g/ m^3 con punte in Napoli centro che arrivano anche a 82 – 145 -g/ m^3 nelle prime ore del mattino e nelle tarde ore della sera.

Le Mappe regionali prodotte dalla catena di calcolo WRF-EMEP-CHIMERE riportano i dati di inquinamento da sostanze gassose o volatili come curve di livello espressi in ppbv (Parti per Miliardo –Billion in inglese – in Volume). Si è preferito trasformare queste Unità di Misura in -g/m3 sia nelle tabelle che in tutte queste relazioni per consentire un più immediato riscontro con i dati delle strumentazioni di monitoraggio e con i limiti previsti dalla Normativa di Legge per l'inquinamento atmosferico. In questa trasformazione si deve tener conto della Temperatura media dei giorni o almeno del periodo.

In conclusione tra i valori medi orari calcolati per NO_2, nei vari periodi di clima autunnale e invernale e quelli di clima semi-primaverile, primaverile ed estivo non si sono riscontrate particolari differenze. Inoltre le punte orarie relative all' area di Napoli città sono relativamente alte rispetto al resto del territorio regionale. E' da presumere che queste condizioni siano dettate dalla meteorologia e solo in parte dai modelli di emissione, come EMEP. Infatti risultano essere localizzate in aree

della Città (**da Mergellina a via Duomo**) fortemente caratterizzata da incroci stradali in cui si possono verificare persistenti ingorghi di traffico, in assenza di vento e presenza di forte insolazione. Questi aspetti non possono essere messi in evidenza dai dati dalle Centraline resi pubblici fisse sia perché questi ultimi riportano solo medie giornaliere, sia per il malfunzionamento di esse negli ultimi mesi di questa indagine.
In tutto i periodi valutati non risultano comunque sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94).

Monossido di Azoto (NO)

Nel periodo autunnale e invernale (da ottobre 2010 a febbraio 2011) e nel periodo semiprimaverile (marzo 2011), i valori medi orari massimi calcolati dagli Scenari variavano tra 0.25 e 18,0 -g/m^3 nel corso della giornata salvo punte di 20, 23, 30, 44, 63 nelle primissime ore del mattino e perfino di 76 – 114 -g/m^3 : questi ultimi massimi risultavano spostati verso le prime ore della sera, alla fine della insolazione, quando le reazioni secondarie fotoindotte e la calma dei venti fanno ristagnare questo gas prodotto dalle combustioni. Gli scenari primaverili suggeriscono invece valori più limitati che variano tra 0.25 e 4,3 -g/m^3 a secondo dell'ora, del giorno della Temperatura e della posizione geografica e senza picchi. Invece nel periodo estivo si calcolavano di nuovo intorno ai 19 -g/ m^3 con una punta estrema di 24 – 27 -g/ m^3 : ***questi valori apparentemente sembrano sottostimati in quanto inferiori a quelli dell'NO_2 nel corso delle giornate, tranne che alle ore di molte mattine, quando sono paragonabili. In realtà all'atto della emissione da un motore o da una caldaia l'NO è presente in rapporto tra 10/1 e 20/1 rispetto al biossido NO_2, ma i processi ossidativi in atmosfera procedono molto rapidamente, specie se si tratta di fumi caldi, per cui il rapporto si avvicina rapidamente all'unità o addirittura a valori nettamente inferiori.***
D'altra parte una analisi dei dati messi in rete dalla Regione Lazio suggeriscono dei rapporti (NO + NO_2)/NO_2 dell'ordine di 1.1 – 1.67 nell'atmosfera, valori che registrano la situazione una volta che i fumi caldi contenenti i due inquinanti si siano diluiti e mescolati con l'aria normale, e abbiano reagito con l'ossigeno atmosferico, molto più concentrato di quello residuo negli stessi fumi fuoriuscenti dalla bocca del combustore, quale esso sia.

→ Monossido di carbonio CO

Gli scenari forniscono delle rappresentazioni molto dettagliate, essendo riportate per ogni ora del

giorno con una accuratezza relativa ad aree di 1 km x 1 km.

Nel periodo autunnale e invernale (da ottobre 2010 a febbraio 2011) e nel periodo semiprimaverile (marzo 2011), i valori medi orari calcolati variavano, a seconda del sito, dell'ora e della T media. tra 0,17 e 0,71 mg/m^3, (notare le differenti Unità di misura, 1000 volte più grandi, utilizzate per il CO rispetto agli altri inquinanti, essendo il CO di gran lunga più abbondante). I valori massimi simulati (tutti concentrati sull'area di Napoli città; con qualche massimo relativo riguardante le sere, in direzione dell'autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, ma con valori inferiori più limitati tra 0,26 e 0,0,43 mg/m^3). A fine dicembre 2010 gli scenari prodotti forniscono valori massimi simulati anche di 0,95 mg/m^3, sempre concentrati sull'area di Napoli città; a inizio gennaio 2011 gli scenari prodotti forniscono valori massimi simulati di 1,06 mg/m^3), (sempre concentrati sull'area di Napoli città). Questi valori estremi persistevano anche a fine gennaio e primi febbraio 2011, mentre qualche massimo relativo riguardava le sere in direzione dell'autostrada Napoli - Roma e sulla Circonvallazione esterna di Napoli, ma sempre con valori più limitati, inferiori a 0,28 mg/m^3. Comunque gli scenari calcolavano valori medi orari di 0,18 – 1,06 mg/m^3anche per tutto il mese di marzo.

Nel periodo primaverile ed estivo, da fine aprile ai primi di luglio, gli Scenari prodotti indicano valori di concentrazioni compresi tra 0,18 e 0,52 mg/ m^3 con i valori più elevati nelle primissime ore del mattino, ma anche tra le 18 e le 20 della sera. Punte massime di 0,75 - 0,81 sono state calcolata per alcune mattine di maggio e di 1,01 – 1,24 mg/ m^3 e nella notte del 6 luglio.

Si noti che tutti i massimi si registrano in corrispondenza dell'area urbana di Napoli.

I massimi all'alba sono da imputare a calma nei venti e ai motori freddi e al parco macchine napoletano obsoleto. I massimi serali sono invece da imputare a condizioni di ingorgo di traffico nelle strade urbane ("stop and go") al rientro serale e di nuovo a condizioni di calma di vento.

La catena WRF - EMEP - CHIMERE riesce a valutare questi dettagli, quando non occorrano eventi emissivi straordinari (incendi o disastri inprevisti).

In tutti i periodi valutati comunque non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. no. 60 del 2/04/2002 che recepisce le Direttive Europee, e sostituisce i precedenti del 1992/94.

In **Conclusione** tra i valori medi orari calcolati per CO nei vari periodi di clima invernale, semi-primaverile ed estivo non si sono riscontrate particolari differenze. D'altra parte i valori primaverili risultano costantemente meno elevati, come c'era da aspettarsi per questo particolare inquinante.

Inoltre le punte orarie relative all' area di Napoli città sono relativamente alte rispetto al resto del territorio regionale. E' da presumere che queste condizioni, al contrario del caso precedente dell'NO_2 , siano dettate non solo dalla meteorologia ma in parte preponderante dal modelli di emissione EMEP.

Inoltre poiché il CO è molto poco reattivo, gli scenari prodotti dalla catena di calcolo WRF-EMEP-CHIMERE indicano che ***esso è disperso su tutto il territorio in strati sovrapposti*** e che l'aria regionale è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2, O_3) e da componenti chimicamente riducenti. Ciò comporta una notevole capacità reattiva residuale. Si deve tenere conto inoltre che il CO è un gas relativamente più leggero dell'aria, alle stesse temperature, per cui tende a sollevarsi dal suolo rispetto all'altezza a cui operano le pompe di aspirazione delle Centraline e del Laboratorio Mobile. Questi risultati quindi indicano che effettivamente le concentrazioni del CO sono più alte dell'atteso sul complesso del territorio.

→ Ozono O_3

Nel periodo autunnale e invernale (da ottobre 2010 a febbraio 2011) e nel periodo semiprimaverile (marzo 2011), i valori medi orari massimi valutati variavano tra 30 e 70 -g/m^3 con punte massime di 112 e minime di 20 -g/ m^3 , a secondo dell'ora, del giorno e della posizione geografica.

Invece i valori calcolati dagli Scenari in tutto il periodo primaverile ed estivo presentavano in più dei massimi di 119 -140 -g/ m^3.

Come si è discusso nelle relazioni precedenti ***questi valori sembrano parzialmente sottostimati rispetto a quelli misurati in alcuni giorni sia dalle Centraline ARPAC che dal Laboratorio Mobile.***

Una prima considerazione si riconnette al fatto che l'atmosfera della Regione Campania è caratterizzata al tempo stesso da componenti fortemente ossidanti (NO_2 e O_3), e da componenti chimicamente riducenti. Oltre al CO tra questi ultimi vanno annoverati i composti organici volatili. Questi ultimi provengono da varie fonti: da combustioni parziali, da emissioni di depositi di solventi o carburanti, soprattutto da emissioni della vegetazione: l'insieme di queste sostanze (i "cosiddetti precursori dell'ozono") impediscono un rapido consumo dell'ozono stesso ad opera di reazioni secondarie anche in condizioni di buona insolazione (come l' NO_2 anche l' O_3 tende ad essere fotoscisso dalla radiazione nel vicino U.V.). In particolare le emissioni dalla vegetazione di Composti Organici Volatili (COV in inglese VOC) potrebbero essere stati sottostimati per la Campania dalle Banche dati di EMEP e questo spiegherebbe le lievi anomalie riscontrate.

Si ricordi inoltre che le condizioni di vento serale e notturno portano l'ozono a spostarsi dalle aree di emissione e ad accumularsi sul mare, dove, in assenza di luce solare, viene solo parzialmente consumato da reazioni parassite. Per questo motivo nelle località costiere si ha un

ritorno dell'ozono verso il territorio quando, all'alba, si ha una inversione nel regime delle brezze di terra e di mare.
Comunque in tutto il periodo valutato non risultano sforamenti degli Standard di Qualità dell'Aria come dalle normative di Legge previste per stimare il grado di pericolosità dell'inquinamento (D.M. 12/11/1992 e 15/4 e 25/11 del 1994 e aggiornamenti più recenti).

Conclusione:
si può affermare che complessivamente gli Scenari prodotti con il programma utilizzato sono stati collaudati soddisfacentemente e quindi le differenze stagionali nelle Qualità dell'Aria sono ben evidenziate per alcune sostanze, mentre, come era da aspettarsi, per altre risultano differenze irrilevanti.

Complessivamente quindi si può ben ritenere che i dati forniti dagli Scenari sviluppati con le Metodologie e i Programmi di calcolo presentati in questo Progetto siano del tutto coerenti con le aspettative. Gli Scenari per altro mostrano l'esistenza di dati di inquinamento spesso più accentuati di quelli misurati nelle città e che si presentano in particolare sugli Assi viari principali della Regione e sui Distretti industriali dove non vi sono strumentazioni regionali per il monitoraggio continuo dell'inquinamento. Inoltre gli Scenari forniscono un quadro molto più dettagliato, non solo spaziale, ma anche nella sua evoluzione oraria nel corso delle singole giornate. Gli Scenari infine tengono ben conto delle condizioni meteorologiche per cui i massimi più accentuati vengono riscontrati nei periodi secchi o poco ventosi, mentre tendono ad abbassarsi, nei giorni di pioggia e nelle ore più piovose.

WP6-3.5 Analisi di casi estremi imprevisti segnalati dalla Rete Regionale di Centraline fisse dell'ARPAC o dalle Strumentazioni del Laboratorio Mobile.

L'analisi dei risultati prodotti dai calcoli della catena WRF-EMEP-CHIMERE ha mostrato in alcuni casi delle differenze tra i dati di inquinamento calcolati e quelli misurati dalle Centraline fisse e/o dal Laboratorio Mobile utilizzato in questo Progetto.

La conclusione è che in questi pochi casi particolari la capacità revisionali sono venute meno perché il modulo EMEP, che stima le emissioni regionale e provinciali, no ha potuto prevedere incendi anche diffusi ad esempio di roghi stradali di sacchetti di immondizia innescati dalla popolazione di alcuni quartieri di Napoli o di alcuni Comuni. Oppure roghi di cumuli di copertoni di ruote di auto e tir in località extraurbane; o infine di fuochi utilizzati dai ladri di cavi di rame per bruciarne le vernici isolanti.

Viceversa tutti gli eventi meteorologici sembrano stati ben inseriti nei programmi di calcolo ad opera del modulo EMEP, stando alla coerenza dei risultati di diffusione delle polveri sottili e anche dei principali inquinanti gassosi esaminati con li informazione meteo fornite di giorno in giorno dalle stazioni meteo dell'Aeronautica e dalle varie stazioni radiotelevisive locali.

WP6-3.6 Critica della attuale situazione carente della R.R.

Come segnalato nelle varie Relazioni precedenti quest'ultima lo stato di funzionamento delle Centraline fisse della Rete Regionale ARPAC è andato peggiorando fortemente con il trascorrere dei mesi nel corso del 2011. Ad esempio tra fine marzo e primi di aprile delle Centraline di Napoli città che ancora registravano il PM_{10} erano passate da cinque su nove a due, salvo una o due riattivate successivamente in modo saltuario. A giugno ne era rimasta in funzione solo una. Da tempo le Centraline di Benevento e Caserta non forniscono più dati etc.

Il motivo principale si può far risalire alla mancanza di manutenzione, provocata da un contenzioso giurico-amministrativo tra le Ditte che hanno partecipato all'ultimo Bando di gara indetto dalla Regione Campania.

In questa situazione i risultati della catena di calcolo WRF-EMEP-CHIMERE possono esercitare un valido ruolo di supplenza, purchè siano gestiti da personale a conoscenza del know-how.

WP6-3.7 Potenzialità dell'analisi: suggerimenti per il rafforzamento della R.R.

Altri capacità di analisi della catena WRF-EMEP-CHIMERE è rappresentata dalla possibilità di calcolare l'inquinamento da polveri sottili e da sostanze gassose, previste dalle Normative di Legge, anche in aree non coperte dalla Rete Regionale di Centraline fisse, oltre alla possibilità di

arricchirne le corrispondenti Banche dati a disposizione delle Autorità locali o di potenziali utenti. Da questo punto di vista si può suggerire di arricchire, non appena sarà possibile, la rete cittadina con Centraline nelle aree di Napoli Ovest (Mergellina e Fuorigrotta) e della periferia Nord, oltre a ripristinare quelle esistenti. Vi sono inoltre realtà anche densamente popolate, come la fascia costiera fino a Castellammare – Pompei o la conurbazione interna (Nola, nodi delle autostrade Napoli – Roma – Bari – Salerno, valle dell'Irno etc.), tutte di competenza dell'Assessorato Regionale.

WP6-3.8 Potenzialità predittiva degli scenari:

Nel modulo WP5-5 è stata dimostrata la concreta capacità della catena WRF-EMEP-CHIMERE di simulare le conseguenze di variazioni nella tecnologia delle emissioni complessive o per settori definiti (industria, servizi, traffico) o per l'installazione di nuovi impianti (emissione, trasformazione e ricaduta al suolo di inquinanti da sorgenti locali puntiformi. In linea di massima è sufficiente modificare con opportuni coefficienti alcuni o tutti i parametri i dati di emissione forniti dal modulo reale EMEP per valutare i benefici (o i peggioramenti) che si otterrebbero da dette variazioni.

Inoltre il modulo CHIMERE non è stato utilizzato appieno nel corso elle analisi condotte nell'ambito di questo Progetto Regionale, per motivi di tempi e di costi. E' possibile infatti esplicitare l'andamento quantitativo di un gran numero di inquinanti a concentrazioni molto più basse di quelli delle sostanze che sono state considerate esplicitamente nel corso di questo studio. E' già possibile attualmente, ri-analizzando i file numerici utilizzati da CHIMERE, di calcolare le concentrazioni di altri inquinanti (benzene, BTX, SO2 etc.) che negli ultimi tempi si era già cominciato a monitorare da parte di alcune Centraline, per esempio ad Acerra.

WP6-3.9 Capacità di valutare la Qualità dell'Aria a breve(oggi/domani/dopodomani)

E' possibile in principio non limitarsi a fare delle previsioni meteorologiche, anche locali, come è possibile già oggi, ma utilizzare la catena WRF-EMEP-CHIMERE per effettuare delle previsioni realistiche **a breve (oggi/domani/dopodomani)** sullo stato dell'inquinamento atmosferico e della Qualità dell'aria: occorre sviluppare il calcolo per i 4-5 giorni precedenti ed effettuare una valutazione reale della situazione attuale e sviluppare una simulazione a 24 -72 ore per i giorni successivi.

WP6-3.10 Utilizzabilità e Commerciabilità dei prodotti

Non è qui il luogo per effettuare una valutazione di marketing, ma una brevissima considerazione sulla utilizzabilità dei risultati di questo progetto va fatta. In realtà, oltre ovviamente alla Regione Campania, possono essere interessati tutti gli altri Enti pubblici (Comuni, Aree Metropolitane, Province fintanto che rimarranno in vita o eventuali Organi intermedi che le dovessero sostituire) sia campani che di altre Regioni e Autorità locali. Ma anche altri Enti di servizio, Aziende e strutture produttive potranno essere interessate. Ovviamente vi è un problema di know-how e di capacità informatica di cui attualmente dispongono solo alcuni elementi del personale dell'ITM e del Dipartimento di Chimica dell'Università, oltre ad alcuni consulenti esterni, anche in maniera integrata fra di loro. Altri eventuali utilizzatori dovranno quindi addestrare a loro volta del personale qualificato e disporre delle facilities di calcolo, oppure dovranno incaricare l'ITM di sviluppare progetti ad hoc per le loro esigenze.

WP 6 - Allegati

Documentazione Sintetica Modulo Software 3

Rendering dei Dati

Generalità

La catena modellistica (WRF-CHIMERE) implementata nell'ambito del progetto permette di ottenere dati in formato NetCDF. Il modello multi-scala Chimere è stato concepito essenzialmente per produrre previsioni giornaliere di ozono, aerosol e altri agenti inquinanti ed effettuare simulazioni di lungo termine per gli scenari di controllo delle emissioni. Chimere lavora a cavallo di una gamma di scale spaziali che vanno da quella regionale (parecchie migliaia di chilometri) a quella urbana (100-200 Km) con una risoluzione da 1-2 km a 100 km. Analogamente per il modello WRF.

Nell'ambito del progetto, per la rappresentazione grafica dei dati di emissione in formato NetCDF ottenuta dall'elaborazione dei modelli WRF e Chimere, è stato sviluppato un software di rendering ad hoc, utilizzando alcune funzioni di GrADS: uno strumento open-source specifico per la rappresentazione geografica dei dati, che utilizza i dati ottenuti in formato NetCDF ma trasformati in una versione compatibile per la rappresentazione grafica. Le funzionalità di GrADS sono state utilizzate sia per quanto riguarda la rappresentazione dell'output del modello Chimere, sia per l'output del modello WRF. Il software è stato sviluppato ad hoc per rispondere alle esigenze del progetto che prevedono un rendering specifico basato su mappe che possano fornire diverse rappresentazioni sull'andamento dei vari inquinanti sul territorio della Regione Campania e il loro evolversi nel tempo.

Successivamente, è stata realizzata un interfaccia utente che permette di personalizzare il rendering dei dati che si desidera ottenere e impostare una serie di filtri come gli inquinanti chimici di interesse, la data di interesse e altro. Una volta configurati i parametri di visualizzazione, l'interfaccia procede con il rendering dei dati basandosi sulle opzioni scelte dall'utente. L'interfaccia è stata estesa con una serie di funzionalità che permettono il salvataggio su supporto fisico, ed è estendibile con diverse altre funzionalità quali: inviare il plot per mezzo di e-mail, fare una stampa dei grafici visualizzati, zoom interattivo, ecc.

1. Rappresentazione grafica dei dati da WRF e CHIMERE

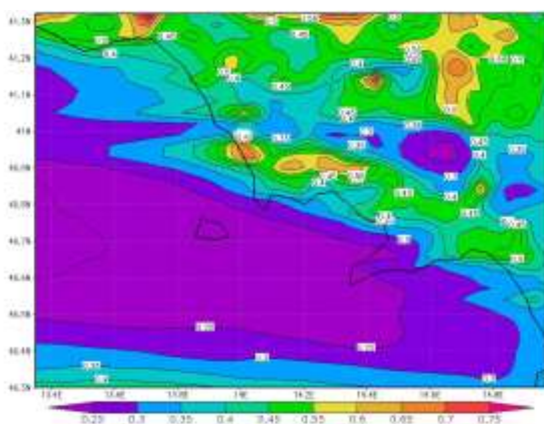
Per la visualizzazione degli output dei modelli WRF/Chimere è stato predisposto un sistema di visualizzazione, basato su GrADS ma opportunamente sviluppato ad hoc per gli scopi di rendering previsti dal progetto.

Il Grid Analysis and Display System (GrADS), sviluppato presso l'Institute of Global Environment and Society (IGES), è uno strumento interattivo che permette una facile gestione, elaborazione e visualizzazione di dati scientifici legati alle scienze della terra. GrADS accetta dati in differenti formati fra cui GRIB, NetCDF ed HDF. La scelta è ricaduta su questo strumento perché GrADS è stato portato sulla maggior parte dei sistemi operativi e delle architetture hardware attualmente utilizzati ed è liberamente distribuibile su Internet.
GrADS usa un ambiente di dati a quattro dimensioni: longitudine, latitudine, livello verticale e tempo. I dati sono disposti e posizionati all'interno dello spazio georeferenziato mediante un file di descrizione. Lo strumento ha una grande versatilità ed è capace di visualizzare dati di tipo puntuale, ad esempio prodotti da stazioni di campionamento, e dati distribuiti su griglie georeferenziate che possono essere regolari, a maglie spaziate in maniera non lineare, gaussiane o a risoluzione variabile. GrADS implementa un sistema di visualizzazione a strati in maniera analoga a quanto fanno i sistemi di tipo GIS in modo da permettere la sovrapposizione grafica di layers differenti tenendo conto dei riferimenti spaziali e temporali. Tutte le operazioni sui dati vengono effettuate in maniera interattiva utilizzando un sistema a linea di comando che interpreta istruzioni molto simili al linguaggio Fortran. Questo linguaggio di programmazione script, dotato di variabili, costrutti iterativi e condizionali, è caratterizzato da un ricco insieme di funzioni finalizzato all'elaborazione dei dati scientifici che possono essere ulteriormente espanse dall'utente anche grazie a numerose librerie aggiuntive. Sono pubblicate le idonee interfacce per permettere l'espansione del linguaggio mediante funzionalità implementate con linguaggi di programmazione a basso livello come il C o il Fortran. A tal proposito, nell'applicazione sviluppata per facilitare il compito degli utilizzatori, sono stati realizzati ad hoc degli script che consentono, una volta eseguiti, l'autoconfigurazione e l'autoelaborazione del rendering dato in input da linea di comando. Questi script, di fatto, wrappano le funzionalità ed i comandi specifici di GrADS, nascondendo quindi all'utente tutta la complessità derivante dall'utilizzo diretto di GrADS.
I dati possono essere visualizzati usando una varietà di tecniche grafiche tutte estremamente personalizzabili: grafici a linee e a barre, diagrammi a dispersione, isolinee piene e vuote, linee di flusso, campi vettoriali e punti di stazione. I risultati dell'elaborazione possono essere esportati in formato PostScript oppure come immagini grafiche di tipo bitmap. Le impostazioni di default di GrADS permettono la visualizzazione di dati scientifici in maniera standard, tuttavia l'utente può operare qualsiasi tipo di modifica all'aspetto di quanto prodotto.

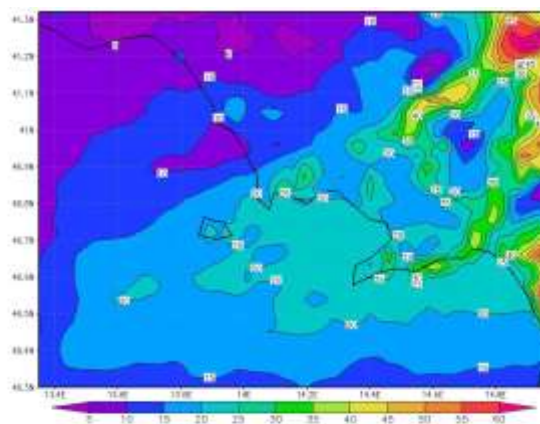
Sono stati sviluppati una serie di script per ottenere un output grafico che si adattasse al meglio allo scenario da rappresentare. Particolare attenzione è stata riposta su diversi aspetti della visualizzazione quali: la palette dei colori rappresentanti i vari livelli di inquinamento, i caratteri

delle etichette numeriche relative agli inquinanti, la definizione della linea di costa, la barra rappresentante i colori relativi alla quantità di inquinante, la posizione orizzontale e verticale dei singoli componenti del grafico e altri elementi di visualizzazione. Infine, sono stati realizzati ad hoc alcuni script (utilizzabili successivamente anche attraverso dell'interfaccia utente) che permettono di automatizzare tutte le procedure di elaborazione e configurazione, al fine di facilitare e velocizzare la visualizzazione degli scenari con le caratteristiche scelte. Lo script *mod3.gs* richiama, al suo interno, i comandi GrADS scelti per ottenere l'output grafico desiderato e li esegue in un preciso ordine e con delle specifiche configurazioni dei parametri dei singoli comandi, in modo da ottenere il rendering personalizzato. Lo script *mod3*, anch'esso realizzato ad hoc, richiama lo script precedente, mod3.gs, filtrando i parametri scelti per la visualizzazione, quindi filtra gli inquinanti di interesse, la data di inizio simulazione e il numero di giorni desiderati che vengono inseriti come parametri di input. Infine, altre personalizzazioni grafiche sono state ottenute attraverso un'opportuna configurazione dei parametri presenti nello script GrADS *cbarn.gs*. Utilizzando gli script di automazione, GrADS viene di fatto eseguito in una modalità batch personalizzata e configurata ad hoc secondo le nostre esigenze, velocizzando enormemente tutta la configurazione e esegue in un unico blocco i singoli comandi che altrimenti andavano richiamati uno per volta in modalità interattiva.

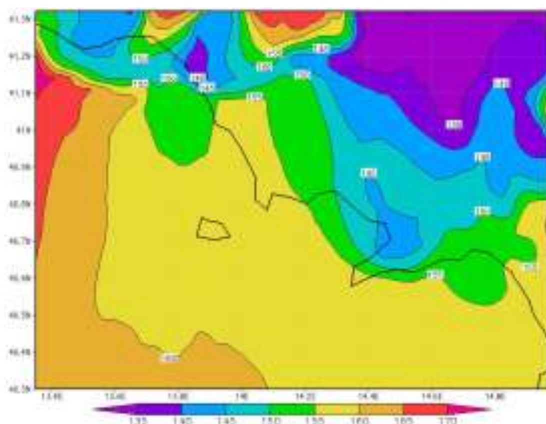
Le figure successive mostrano solo alcuni degli esempi che si possono ottenere per quanto riguarda la rappresentazione grafica personalizzata ad hoc, sulla base degli strumenti messi a disposizione da GrADS:



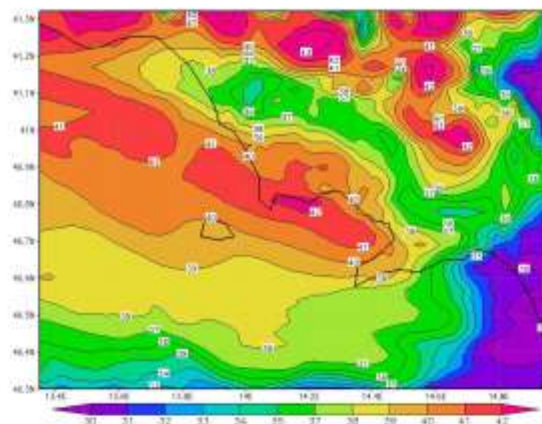
Esempio di rappresentazione grafica GrADS relativa alle emissioni di NO2



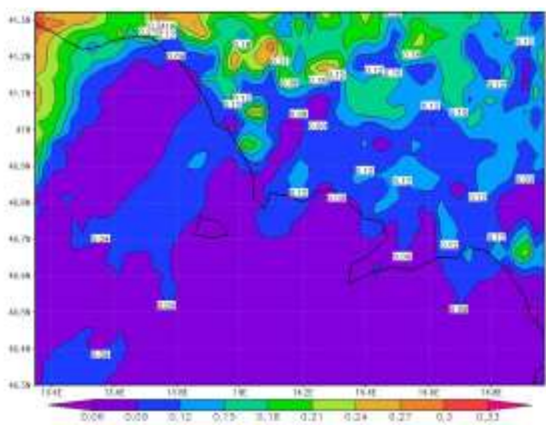
Esempio di rappresentazione grafica GrADS relativa alle emissioni di PM10



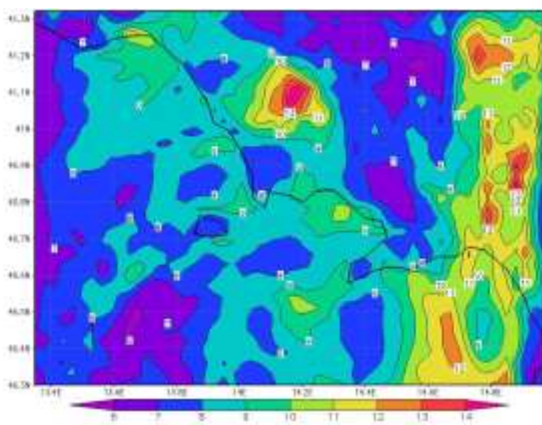
Esempio di rappresentazione grafica GrADS relativa alle emissioni di CO_2



Esempio di rappresentazione grafica GrADS relativa alle emissioni di O_3



Esempio di rappresentazione grafica GrADS relativa alle emissioni di NO



Esempio di rappresentazione grafica GrADS relativa alle emissioni di PM10

2. Interfaccia utente per l’utilizzo di GrADS

Per quanto riguarda il progetto, GrADS espone un’interfaccia programmabile tramite un linguaggio di programmazione di tipo script che permette lo sviluppo di sofisticate applicazioni per l’analisi e la visualizzazione dei dati scientifici.

Tuttavia, per facilitare l’utilizzo di GrADS all’operatore evitandogli l’utilizzo dei comandi a basso livello presenti nel modulo pre-esistente, è stata realizzata ad hoc un’interfaccia utente più intuitiva e di più facile configurazione che quantifica graficamente, in base a gradazioni di colori, le sostanze analizzate nella regione di interesse.

L'interfaccia, implementata ad hoc con una serie di moduli, consente all'utente di personalizzare il rendering delle simulazioni permettendogli di scegliere fra una serie di opzioni che mirano ad

evidenziare di volta in volta alcuni aspetti piuttosto che altri in maniera tale da poter analizzare nel dettaglio l'output di ogni singola operazione effettuata.

L'interazione dell'utente con i dati finali del sistema di calcolo viene quindi ridotta alla scelta di alcune opzioni attraverso semplici click del mouse.

L'utente, dopo aver effettuato le proprie scelte secondo i casi da analizzare, ottiene un reticolo grafico che visivamente e quindi immediatamente mostra i risultati ottenuti. A questo punto l'utente può anche scegliere di inviare il grafico per mezzo di e-mail direttamente dall'interfaccia web, salvare il risultato su un supporto rigido o semplicemente stampare il reticolo.

L'interfaccia web, attraverso alcuni moduli, rende in questa maniera il lavoro dell'utente immediato e lineare nonostante la complessità del sistema di elaborazione sottostante.

Per quanto riguarda la struttura e l'implementazione dell'interfaccia utente, quest'ultima richiama al suo interno, gli script di automazione realizzati ad hoc che wrappano i comandi GrADS, ma a differenza degli script, utilizza GrADS in modalità batch, ovvero non interattiva, in modo da eseguire job in maniera automatizzata, permettendo quindi una semplice elaborazione dei dati senza che l'utente debba interagire con esso o conoscere comandi di basso livello per la sua esecuzione. Ad esempio, l'interfacciamento diretto con l'output dei modelli, oppure eseguire operazioni on demand come modulo di un programma esterno.

Anche in questo caso si sono automatizzati i vari processi di elaborazione fornendo in background al sistema di calcolo i dati da elaborare ma permettendo sempre all'utente, attraverso l'apposita interfaccia implementata, una semplice ma efficace personalizzazione dei valori di interesse. Naturalmente, eseguendo vari moduli, si lasciano possibilità di ulteriori e utili aggiornamenti sia per la visualizzazione dei dati sia per la loro elaborazione grafica.

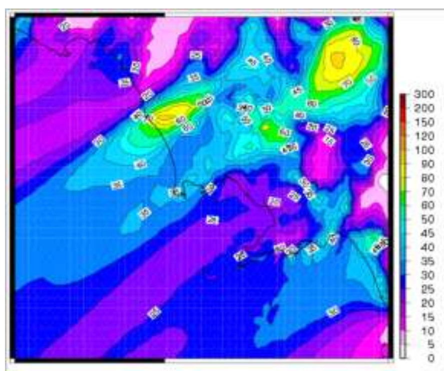
3. Altre modalità di rendering disponibili nell'applicazione

Per quanto riguarda altre modalità di rendering possibili, oltre all'utilizzo dell'interfaccia e all'utilizzo diretto dei comandi presenti negli script realizzati ad hoc, l'applicazione permette di effettuare un diverso tipo di rendering, attraverso l'utilizzo di script alternativi realizzati anch'essi ad hoc. Quest'ultimi si differenziano dai precedenti in quanto utilizzano delle diverse proprietà, parametri e caratteristiche. Dal punto di vista grafico, le differenze principali sono: una diversa palette cromatica dei colori, una linea di costa più definita e una diversa gestione delle sfumature tra diverse tonalità adiacenti. Anche in questo caso, editando gli script ed in particolare impostando i parametri dei comandi, è stato possibile ottenere una serie di diverse visualizzazioni differenti, in questo modo è stato possibile scegliere il layout grafico che meglio si adattava agli specifici casi delle simulazioni effettuate

Dal punto di vista strutturale, la principale differenza tra le due modalità di rendering disponibili nell'applicazione, è che la seconda si ottiene con script che sono stati realizzati attraverso il linguaggio Chimere, mentre i primi sono basati sul linguaggio GrADS.

Gli script di questa modalità di rendering alternativa basata sul linguaggio Chimere, possono essere a loro volta integrati con altri tool esterni, che estendono le funzionalità grafiche già presenti. Tra questi, quelli di particolare interesse sono quelli appartenenti alla suite *Imagemagick*: un package liberamente reperibile che fornisce numerosi tool open source per l'elaborazione di grafici e la gestione e manipolazione di numerosi formati. Altri package di particolare interesse per estendere delle funzionalità grafiche sono il *Ghostscript* e il *GMT*, *General Mapping Tool*.

Il modello di elaborazione degli scenari di impatto ambientale (Chimere), esporta i dati simulati direttamente in formato NetCDF. A partire da questo formato di output, è stato realizzato un tool che permette di esportare in maniera diretta i dati, in formati facilmente visualizzabili. La figura successiva mostra uno degli esempi che è possibile ottenere attraverso questa diversa modalità di rendering. In questo caso è stata rappresentata la concentrazione di PM10 relativa al giorno 27 Gennaio 2010:



Manuale Operativo Modulo 3

Introduzione

Il software di rendering realizzato ad hoc per il progetto, rappresenta per l'utente un modo per visualizzare i dati di output NetCDF ottenuti dal modello di diffusione e impatto ambientale degli inquinanti con lo scopo di rendere quest'ultimi facilmente leggibili e interpretabili.

L'interazione dell'utente con i dati finali del sistema di calcolo viene quindi ridotta alla scelta di alcune opzioni attraverso la semplice selezione degli input che determineranno gli elementi da visualizzare. Il software, consente all'utente di personalizzare il rendering delle simulazioni permettendogli di scegliere fra una serie di opzioni che mirano ad evidenziare di volta in volta alcuni aspetti piuttosto che altri in maniera tale da poter analizzare nel dettaglio l'output di ogni singola operazione effettuata.

QUICK START

Per il corretto funzionamento del modulo occorre installare e copiare alcuni script come indicato di seguito e, successivamente, bisogna copiare la directory "modulo 3" nella root del web server. In questa maniera, scrivendo in un browser qualunque, l'URL relativo alla directory del modulo, si avrà accesso all'interfaccia per interagire in maniera facilitata con il sistema.

Dopo aver copiato la directory relativa al modulo nella root e aver eseguito le istruzioni di seguito riportate, per eseguire il modulo basterà scrivere il percorso specifico, ad esempio:

```
http://localhost/modulo3/
```

In questa maniera si accende all'index dell'applicazione e all'interfaccia di utilizzo.

A questo punto prima di andare ad utilizzare l'interfaccia, è necessario installare nel sistema una serie di requisiti indispensabili per il suo funzionamento.

Il primo requisito indispensabile è GrADS, lo strumento grafico per il plot dei dati. Successivamente vanno installati gli script che compongono il software e permettono l'elaborazione del rendering e anche una serie di comandi che estendono le funzionalità di GrADS. Di seguito verranno fornite le informazioni necessarie all'installazione ed utilizzo di questi componenti.

- ## Rendering attraverso gli strumenti realizzati in linguaggio GrADS

Per quanto riguarda il plot dei dati, si è anche in questo caso usato un tool open source ampiamente diffuso in questo settore, GrADS, Grid Analysis and Display System. Tale tool è stato usato in modalità batch permettendo una semplice elaborazione dei dati senza che l'utente debba interagire con esso o conoscere comandi di basso livello per la sua esecuzione.

Prima di tutto occorre installare GrADS copiando questo software nel path “/opt”.

Ottenuto il seguente path:

```
[root@serverhpc grads-2.0.a9]# pwd
/opt/grads-2.0.a9
```

occorre linkare l'eseguibile di GrADS nel path dei comandi dell'utente linux, in questo modo sarà possibile lanciare il software da qualsiasi path immettendo semplicemente il comando "grads".

```
[root@serverhpc grads-2.0.a9]# ln -s /opt/grads-2.0.a9/bin/grads /usr/local/bin/
```

Per verificare il corretto funzionamento del software, scrivere “grads” da linea di comando, se l’operazione è stata fatta correttamente, si dovrebbe ricevere un output simile al seguente:

```
[root@serverhpc grads-2.0.a9]# grads
Grid Analysis and Display System (GrADS) Version 2.0.a9
...
```

A questo punto vanno copiati, nel proprio sistema, gli script di esecuzione del software presenti nella directory “/modulo3”. Tale directory va inserita all’interno della root del proprio Server Web. In alternativa, gli script presenti nella directory, possono anche essere inseriti in un percorso specifico, ma va poi modificato il path di default presente nell’applicazione web.

Visualizzazione dei Dati

Al fine di elaborare la mole di dati scientifici nella maniera più semplice e comprensibile possibile, è stata realizzata un'applicazione web a cui l'utente può accedere per richiedere, secondo le proprie necessità, i dati di particolare interesse.

Per poter disporre dell'applicazione web occorre aver installato precedentemente un server web, come Tomcat, con supporto al PHP.

L'utente accede al server web scrivendo l'url http://localhost/modulo3/ all'interno del proprio browser ed effettua una serie di scelte.

Fra le opzioni configurabili dall'utente, vi sono:

- ✓ Data di interesse di inizio simulazione, per l'analisi dei fenomeni di inquinamento;
- ✓ Configurazione della lista delle date di simulazione valide.

Il secondo parametro permette all'utente di selezionare dall'interfaccia, solo le date di cui sono state effettivamente eseguite le relative simulazioni. In questo modo si evita che l'utente possa erroneamente inserire date di cui non è stata ancora elaborata la simulazione.

E attraverso la modifica di alcuni parametri negli script (vedere admin guide):

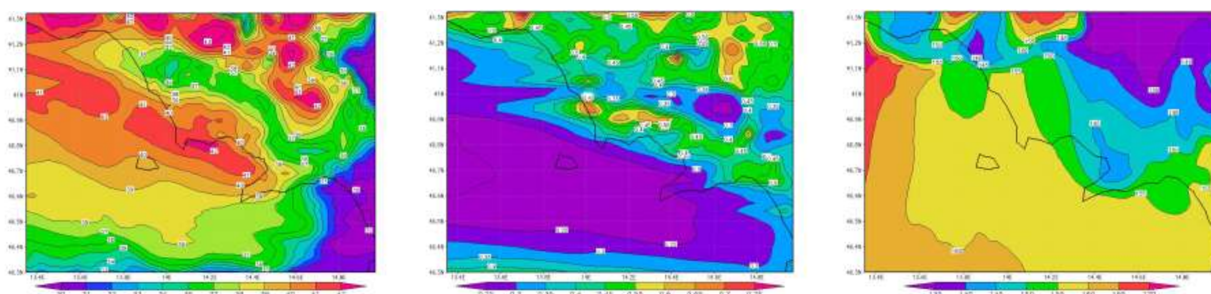
- ✓ Scelta del tipo di inquinante;
- ✓ Nomenclatura del sistema cartografico;
- ✓ Path di destinazione degli output elaborati.

L'utente potrà scegliere i dati di interesse semplicemente selezionando determinate voci, come visto sopra, senza dover scrivere minimamente codice di basso livello, in questo modo si rispettano vincoli di adattabilità e usabilità dell'applicazione realizzata.

Dopo aver effettuato le proprie scelte secondo i casi da analizzare, l'utente non dovrà fare altro che cliccare sul tasto "Esegui" e aspettare la fine dell'elaborazione. Effettuate, quindi, queste scelte attraverso l'interfaccia user friendly, il successivo passaggio sarà demandato in automatico al sistema di calcolo che elaborerà i dati e fornirà in output i file immagine relativi agli scenari richiesti.

Una volta terminato il rendering, l'utente, ottenuto il grafico da analizzare, potrà visualizzare l'andamento dello scenario con un passo orario, all'interno dei limiti temporali della simulazione visualizzata. Per visualizzare le immagini è sufficiente andare nel path di output e fare doppio-clic sui file.

Al fine dimostrativo, qui di seguito vi sono esempi di plot ottenuti mediante l'elaborazione di un rendering grafico relativi ai dati di una simulazione di uno scenario per la valutazione di impatto ambientale di specifici inquinanti, il rendering è stato effettuato con gli script realizzati e installati precedentemente:



Rendering attraverso gli strumenti realizzati in modalità Chimere

In alternativa alla modalità di rendering descritta sopra, ovvero attraverso l'uso degli script realizzati in linguaggio GrADS, il pacchetto software fornisce anche strumenti per ottenere un rendering diverso, utilizzando le funzionalità Chimere. Per utilizzare questa nuova modalità di rendering, è sufficiente copiare nel sistema gli script relativi e una serie di tool esterni al software che sono liberamente scaricabili.

Per prima cosa, va installato il modello di diffusione in maniera standard, a quel punto vanno sostituiti gli script di default presenti nell'installazione di Chimere, con quelli realizzati ad Hoc per il progetto. In particolare gli script da utilizzare sono posizionati nella directory "toolbox" di "chimere2008c" che va copiata al posto di quella già presente nel proprio sistema, in maniera tale da aggiornare gli script standard con quelli nuovi.

Per il corretto funzionamento degli script, vanno installati alcuni tool esterni. In particolare, occorre aver precedentemente installato:

- ✓ Ghostscript, per la creazione e gestione di alcuni tipi di file ps e pdf;
- ✓ GMT, Generic Mapping Tool, per la manipolazione di data set geografici e cartesiani.

Ghostscript e GMT

Sia Ghostscript che GMT sono strumenti esterni sia a GrADS che a Chimere ma è necessario installarli, in quanto alcune loro funzionalità vengono poi utilizzate nel software realizzato. In entrambi i casi stiamo comunque parlando di strumenti open source e liberamente scaricabili e installabili dai relativi siti ufficiali.

Ghostscript è un tool grafico che offre funzionalità estese per l'elaborazione di immagini raster e funzioni di conversione per diversi tipi di file di immagine. Quest'ultima funzionalità è un requisito necessario al funzionamento del software.

GMT è una collezione di tool, alcuni dei quali necessari per il corretto funzionamento di diversi script per la visualizzazione grafica dei dati di output delle simulazioni. Questi tool offrono una serie di comandi che permettono la manipolazione di diversi aspetti puramente grafici.

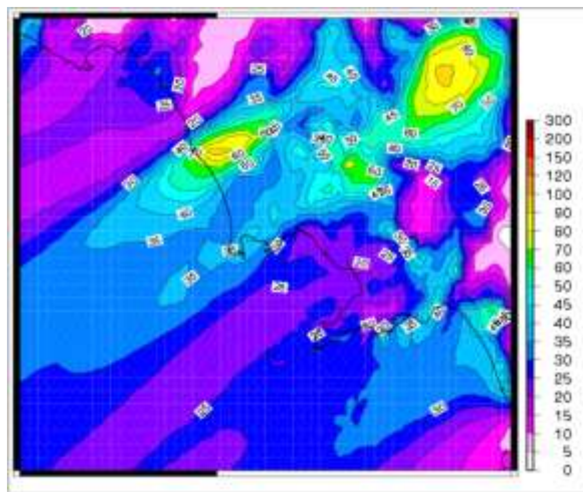
In particolare i comandi necessari da installare sono i seguenti:

- ✓ pscontour per ottenere plot di contorni con triangolazione di dati;
- ✓ psscale per creare scale di grigi o gradazioni di colori per le mappe;

- ✓ pscoast per plottare territori, masse d'acqua, coste e fiumi;
- ✓ pstext per plottare stringhe di testo su mappe in diverse modalità.

Il GMT fornisce, di fatto, le funzionalità e i comandi con la quale sono stati realizzati gli script di rendering grafico nella modalità di visualizzazione basata sulle funzionalità di Chimere.

Di seguito un esempio di elaborazione grafica che è possibile ottenere attraverso gli strumenti di rendering realizzati con questo linguaggio:



Output Grafico ottenuto attraverso gli script basati sulle funzionalità Chimere.

ADMIN GUIDE

Questo modulo riguarda la visualizzazione grafica degli output ottenuti in seguito all'esecuzione del modello di dispersione e impatto ambientale in maniera tale da ottenere una banca dati cartografica con l'analisi dell'impatto ambientale. L'utente può utilizzare l’interfaccia per automatizzare il rendering delle simulazioni selezionando, dalla stessa, giusto l’input principale, ovvero la data della simulazione. In questo modo, può analizzare i dati ottenuti senza interagire direttamente con gli script a basso livello che compongono il software alla base dell’elaborazione. Tuttavia, se si necessita di una personalizzazione più spinta, si fornisce comunque all'utente la possibilità di modificare totalmente i parametri presenti negli script.

Date le numerosissime opzioni disponibili e configurabili, non è possibile andare ad analizzare, all’interno degli script, tutti i parametri ed opzioni sui comandi che permettono di ottenere la personalizzazione desiderata. Per questo motivo di seguito sono mostrati soprattutto esempi d'uso degli script che vengono eseguiti in background e alcune istruzioni che possono facilitare la personalizzazione.

▪ Rendering con gli strumenti basati su GrADS

Come già anticipato nella Quick Start, è possibile eseguire un rendering tramite interfaccia in cui basta inserire semplicemente la data dello scenario da renderizzare tra quelle inserite nella lista delle date valide. In questo modo, il rendering automatizzato utilizza dei parametri standard relativi agli inquinanti da elaborare, il sistema di nomenclatura e il path in cui inserire le immagini di output. Tali impostazioni sono quelle di default presenti negli script che vengono richiamati stesso all’interno del codice dell’interfaccia. Per modificare questi parametri è necessario modificare lo script “*mod3grads1*” presente nella directory “*modulo3*”precedentemente installata. All’interno dello script *mod3grads1* sono presenti delle macrosezioni, ognuna è relativa ad uno specifico rendering da elaborare. Ogni macrosezione contiene i seguenti parametri che sono configurabili:

- La stringa <**el*=”***codice inquinante*”> Indica l’inquinante scelto per il rendering eseguito da quella macrosezione.

- Le stringhe uniche <**file_name**> e <**dir_g**> Sono condivise da tutte le macrosezioni e indicano il sistema di nomenclatura utilizzato dal software.

- La stringa unica <**n_day**> È condivisa da tutte le macrosezioni e indica il numero di giorni di durata del rendering eseguito dalle singole macrosezioni. Questo valore deve essere inferiore o uguale al numero massimo di giorni simulati all’interno dalla simulazione scelta. Se questo valore supera il numero di giorni simulati, verrà visualizzato un messaggi odi errore.

- La stringa <**grads**> presente in ogni macrosezione, avvia di fatto l’elaborazione del rendering con i parametri inseriti. Si consiglia di non apportare modifiche se non si è esperti nel settore.

L’avvio del rendering, viene di fatto effettuato attraverso un altro script presente nella stessa directory *modulo3* che si occupa di gestire gli aspetti a basso livello dell’elaborazione delle immagini di output. Questo script si chiama mod3grads1.gs ed utilizza una serie di comandi grads che permettono l’esecuzione in modalità Batch. Modificare i parametri di questo script è molto rischioso perché in caso di errori si può compromettere la corretta elaborazione. All’interno di questo script è possibile notare i comandi in linguaggio GrADS, utilizzati per l’elaborazione in Batch del rendering:

- “ **c** ”-> Resetta e avvia il contenuto grafico che verrà scritto nei file immagine di output;
- “ **set grads off** ” -> Elimina il logo e altre diciture specifiche di GrADS;
- “ **set mpdset hires** ” -> Definisce la qualità della linea di costa (impostata su massima);
- “ **set gxout shaded** ” -> Definisce il backgrount dei file immagine di output;
- “ **‘set t ‘ h** ” -> Imposta la cadenza oraria delle immagini di output elaborate;
- “ **set mpt 0 1 1 10** ” -> Per evidenziare alcuni lineamenti presenti nei grafici
- “ **‘d ‘ el** ” -> Visualizza l’elemento inquinante specifico della simulazione nelle etichette testuali delle immagini di output elaborate.

Modificare tali parametri è comunque un operazione da effettuare solo in caso di particolari esigente di rendering. I parametri attualmente immessi permettono, comunque, un rendering ottimale per gran parte delle situazioni previste.

- ## Rendering in modalità Chimere

Eseguendo una tipica installazione del software come riportato anche precedentemente, i tool di particolare interesse vengono collocati nella directory "toolbox" a partire da "chimere2008c". Come detto in precedenza, questa directory va sostituita con quella presente nel software, in modo da aggiornare gli script di default con quelli realizzati ad Hoc.
Gli script di particolare interesse sono "ncmapit" e "exachim".
Un esempio di uso di ncmapit è il seguente:

```
[root@serverhpc ncmapit]# ./ncmapit.sh
/chimere/BIGFILES/OUTPUTS/out.20030730_20030730_HWave.nc O3 2003073012 1 map.ps
```

In particolare la modalità di uso del comando è la seguente:

```
ncmapit.sh <file> <variable> <date> <level> <map_file.ps>
```

in cui:

- ✓ file: è il file output ottenuto dall’elaborazione dello scenario di impatto ambientale;
- ✓ variable: il nome dell'elemento inquinante da prendere in considerazione per l'analisi;
- ✓ date: la data e l'ora di inizio elaborazione nel formato richiesto dal Modello;
- ✓ level: l'indice del layer che si intende visualizzare, ad esempio per campi 2D occorre settare level=1;
- ✓ map_file.ps: il nome che si intende dare al file PostScript ottenuto a partire dal reticolo grafico.

In questo modo a partire dai dati NetCDF ottenuti con l'elaborazione della catena modellista, dal punto di vista utente si ottiene un file PostScript facilmente rielaborabile in diversi contesti.
Alcune modifiche sono state apportate allo script "ncmapit" grazie al quale fornisce dati in formato NetCDF si ottiene un output, facilmente comprensibile, dei dati di output.
A partire dall'output ottenuto da ncmapit alcuni script vengono innestati per lavorare su tale output e ulteriormente personalizzarlo.

Visualizzazione Grafica in modalità Chimere

La visualizzazione grafica utilizza i tool e i comandi appartenenti al package Imagemagick. I comandi principalmente usati sono stati "*convert*" e "*mogrify*" che hanno reso possibile la personalizzazione dell'output.

Editando gli script forniti è possibile ulteriormente modificare i dati di output secondo le più svariate possibilità.

In particolare con il comando *convert* è possibile convertire dati di formato diverso, come nel nostro caso da ps, (formato dati in PostScript ottenuti mediamente operazioni in modalità batch di Ghostscript) a png (Portable Network Graphic), per il porting sul web. Ottenuti file di tipo png, sono state effettuare varie elaborazioni sia mediante *convert* che *modify*, evidenziando o modificando sezioni di immagini.

Principalmente, oltre al tool di Chimere *ncmapit.sh* già modificato ad hoc, sono altri due i file da editare per personalizzare o manipolare ulteriormente l'output ottenuto con software come nel caso di Chimere:

- Lo script shell denominato "*batch1*" esegue in background operazioni di ulteriori manipolazioni sull'output grafico ottenuto dallo script ncmapit.sh in maniera tale da rendere più leggibile lo schema grafico.

  Ad esempio alcune istruzioni presenti nello script sono le seguenti:

  ```
  convert $5.png -crop 520x470+5+5 $5.png
  mogrify -resize 700x700 $5.png
  ```

  Queste istruzioni permettono di ritagliare e modificare dimensione del grafico.

- L'altro file è uno script PHP, "execmod3.php" con il quale è possibile interagire direttamente lato back-end dell'applicazione web per ottenere eventualmente una diversa tipologia di output.

  Editando questo file è possibile specificare direttamente, senza passare quindi per l'interfaccia grafica, non solo i soliti parametri che l'utente potrebbe scegliere con la tipica interazione cioè:

  - ✓ tipo di inquinante;
  - ✓ layer;
  - ✓ data;
  - ✓ ora;

  ma è possibile cambiare anche la metodologia di visualizzazione e organizzazione della banca dati cartografica.

Nello script PHP sono presenti numerose variabili e blocchi di codice che permettono direttamente di ottenere ad esempio l'impatto ambientale che un inquinante ha per tutta la giornata ora per ora in maniera tale da fare un raffronto e una classificazione temporale.

Si può ad esempio modificare il nome della mappa che si vuole realizzare per ottenere eventualmente una classificazione particolare per nome assegnando al nome della mappa, composto anche dal nome del file in input dato al sistema, una radice specifica:

```
$nome_map_radice="pm10_1_";
```

Si può scegliere direttamente l'input da dare al sistema:

```
$arg11="out.20101008_20101008_01.nc";
```

Si possono realizzare direttamente mappe giornaliere per tipo di inquinante attraverso blocchi di codice PHP come nel seguente snippet:

```
for ($i=0;$i<10;++$i) {
$ora="0"."$i";
$data_ora="$data"."0"."$i";
...
...
"<pre>".shell_exec("./batch1 $arg11 $arg2 $data_ora $arg4 $nome_map1")."</pre>";
...
```

In cui ad esempio vengono realizzate mappe orarie rappresentanti uno stesso inquinante in un giorno specifico dalle ore 00:00 alle ore 09:00.

In questa maniera, ad esempio, scrivendo nell'URL il file php "*execmod3.php*":

```
http:/localhost/elaborazione.php
```

Si ottiene l'output desiderato bypassando l'interfaccia web di selezione.

NAPOLI 18/08/2011

Ing. Michele Gallo

____

Prof. Guido Barone

____

SELEZIONE DI ALCUNE MAPPE DEGLI SCENARI ELABORATI

Di seguito sono riportate in stampa una selezione di mappe relative al periodo autunnale, invernale e semi-primaverile relative all'anno 2010-2011.